جوديث راندال

ماهي الوراثة ؟

ترجمة

د. حسين فراج

مراجعة

د.كامل منصور

تصوير

روبرت ديمارست

الكتاب: ماهي الوراثة ؟

الكاتب: جوديث راندال

ترجمة : د. حسين فراج

مراجعة: د. كامل منصور

تصوير: روبرت ديمارست

الطبعة: ٢٠٢٠

الناشر: وكالة الصحافة العربية (ناشرون)



٥ ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مدكور- الهرم – الجيزة
جمهورية مصر العربية
هاتف : ٣٥٨٢٥٢٩٣ _ ٣٥٨٦٧٥٧٦ _ ٣٥٨٦٧٥٧٥
فاكس : ٣٥٨٧٨٣٧٣

E-mail: news@apatop.comhttp://www.apatop.com

دار الكتب المصرية
فهرسة أثناء النشر

راندال ، جوديث

ماهي الوراثة ؟ / جوديث راندال، ترجمة: د. حسين فراج، مراجعة: د. كامل منصور، تصوير: روبرت ديمارست

– الجيزة – وكالة الصحافة العربية.

١٣٨ ص، ١٨*٢١ سم.

الترقيم الدولى: ١ – ٩٤ – ٦٨١٨– ٩٧٧– ٩٧٨

أ – العنوان رقم الإيداع : ٨٨١٣ / ٢٠٢٠

ماهي الوراثة ؟





مقدمة

هل تذوقت برتقالة وكالة مذاقها كمذاق اللحم المشوي؟
وهل سمعت عن كلب يموء كالقط أو شاهدت شخصاً يطير
كالطير؟

الإجابة بالنفي طبعاً. فمذاق البرتقال ليس كمذاق «اللحم المشوي» والقطط وحدها هي التي تموء، كما لا يمكن لإنسان أن يطير.

ومن جهة أخرى قد لا تكون تلك الأسئلة سخيفة بالدرجة التي تبدو عليها. ولكن ما الذي يجعل كل كائن حي يبدو بالكيفية التي هو عليها؟

إن البحث عن هذه المعرفة لا بد أن يكون قد بدأ منذ القدم منذ خُلق الإنسان. فحتى في عصور ما قبل التاريخ، وقبل اكتشاف الكتابة، بدأ الإنسان يلاحظ أن النبات والحيوان والأطفال تشبه الآباء عادة. إن في الصور التي تركها لنا آباؤنا لأكبر دليل على ذلك.

ثم إن معلوماتنا عن سبب كون أعيننا عسلية كأعين أمهاتنا، بدلا من أن تكن زرقاء كأعين آبائنا، أو لماذا تكون للدببة صغار من جنسها ولا يكون لها جراء (صغار الكلاب) ترجع إلى عهد حديث. ففي خلال المائة العام الأخيرة فقط بدأ الناس يفهمون علم الوراثة، ولكن ما زال أمامنا شوط كبير لاستجلاء غوامضها.

وعندما كانت المدنية في أول عهدها كانت معتقدات الناس عن الوراثة مبلبلة إلى حد أنهم اعتقدوا أن الحيوان يمكن أن يولد عن طريق السحر، بل

كان الإغريق الأقدمون كلما وقعت أعينهم على مهر يقفز حول أمه يقولون: «انظر: إنه ولد لأن أمه أعطت ظهرها للرياح الشرقية»!.

وفضلاً عن ذلك فإن الأقدمين لم يكونوا يعرفون تماماً أي الكائنات الحية يمكن أن تتزاوج لتنجب أطفالاً. وربما كنت قد قرأت شيئاً عن أسطورة «مينوتور» الشهيرة في التاريخ اليوناني القديم. فقد كان «لمينوتور»، وحشاً مخيفاً نصفه على شكل إنسان ونصفه على شكل ثور، وكان يعيش في جزيرة كريت حتى صرعه البطل ثيسيوس. وكان طعام هذا الوحش مقصوراً على لحم البشر حتى بلغ عدد ضحاياه سنوياً سبعة فتيان وجهاء، وسبع فتيات حسناوات.

ولم تكن دى الإغريق وحدهم تلك الأفكار العجيبة حول خيط الحياة التير تربط الأجيال المتلاحقة بعضها ببعض. فعندما يرى الناس أشياء تحدث ويعجزون عن إدراك كيفية حدوثها تأخذ بهم الظنون كل مأخذ في تفسير ما حدث وقد مكثت بعض هذه المعتقدات الخاصة بالوراثة زمناً طويلاً.

وفي القرن السابع عشر عندما وقع نظر أول أوربي على الزرافة، لاحظ أنها مبرقشة وأن لها سناماً صغيراً ورقبة طويلة. ولما لم يكن الأوربيون يعرفون إلا القليل عن الحيوانات الأفريقية والقليل النادر عن الوراثة، فقد اعتقدوا أن أحد والدي الزرافة، لا بد أن يكون جملا والآخر فهداً، ولذلك أطلقوا على الزرافة اسم «الجمل الفهد».

ومن حسن الحظ أن الناس كثيراً ما يستغلون العلم في حياتهم العملية قبل تفهمهم له. وكذلك الحال في الوراثة. فحتى في عصور ما قبل التاريخ كان الفلاحون الأقدمون يجمعون بذور السلالات المختلفة من النبات الواحد

لتجهجينها واستباط نتاج أفضل. وأنبتت هذه النباتات زرعاً منها مما يثبت أنها من نوع واحد. وقد وجد العلماء حبوباً من القمح من إيران وآسيا الصغرى يرجع عهدها إلى حوالي ٩٠٠٠ سنة، وبتحليل تلك الحبوب ما هي إلا نتاج من تهجين نوع مع الحبوب مع نوع آخر. ويسمى تهجين السلالات المختلفة من نوع واحد من النبات بالتهجين المختلط العائلي.

وللتهجين المختلط بين الحيوانات تاريخ طويل أيضاً؛ فقد عمل الأقدمون على تزاوج الخيل بالحمير لإنتاج فصيلة قوية من حيوانات العمل شديدة المراس، وهي البغال. غير أنه كثيراً ما يؤدي التزاوج بين الحيوانات المختلفة إلى نتاج عقيم.

وبرغم التقدم في تربية النبات والحيوان فإن عقول الناس ما زالت قاصرة عن تفهم الأسباب الخفية التي تمككن الكائنات الحية من نتاج ذرة في نفس نوعها. وظلت تلك الأسباب أسراراً غامضة حتى بدأ العلماء في تجاربهم مع الطبيعة وتتبعوا نتائج تلك التجارب، ثم قاموا بتخطيط تجارب جديدة على هدى نتائج التجارب السابقة، وهي ما تعرف «بالطريقة العلمية» والتي ترجع إلى عهد قريب. ففي خلال مائة عام حلت النتائج العلمية محل التخمينات التي تدور حول الوراثة مصحوبة بالبراهين المتزايدة فيما يحدث فعلاً.

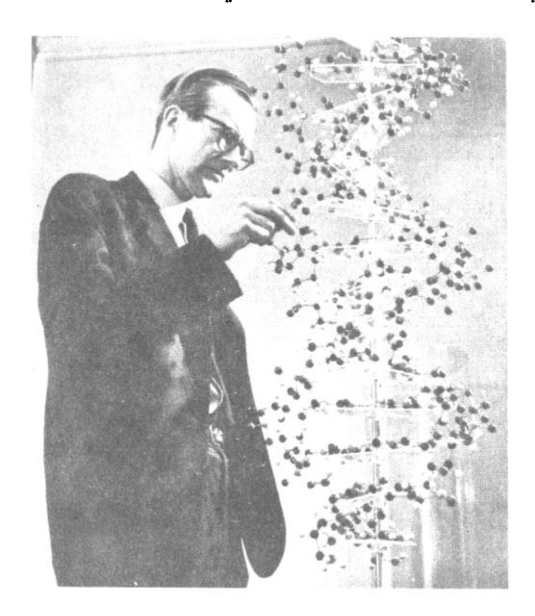
وباستخدام الطرق العلمية يقوم العالم بدور المخبر، وكما يقوم المخبر باستخدام الكلاب البوليسية وبصمات الأصابع واستدعاء الشهود لاستجلاء الأدلة، يجب على العالم أن يستخدم طرقاً عديدة مختلفة للبحث عن الحقيقة.

ومن الطبيعي أن يكون لدى المخبر شيء من الإلهام. وفي الواقع فإن

موهبة الخيال تعتبر من أهم صفات العالم، ولكن على كل من العالم والمخبر ألا يعتمدا على الإلهام بطريقة مطلقة. فكلاهما يجب أن يستغله كنقطة البداية فقط، ثم يستخلص منها الحقائق. ففي الحقائق وحدها البرهان والدليل.

والحقائق هي شرايين العل ونبض حياته. وهي نوعان، فيمثل أولهما الحقيقة التي تقول إن الجازولين هو الذي يحرك الآلة، ويمثل النوع الثاني كيف يحرك الجازولين الآلة.

ويتناول علم الوراثة هذين النوعين من الحقائق. وفي الواقع فإن أجهزة الوراثة هي التي اكتشفت أولا وسنتناولها في الجزء الأول.



موريس هـ. ف– ولكنز من كلية كنجز بلندن– مع نموذج المادة الكميائية د ن أ (D. N. A) وهو من أهم الاكتشافات في تطور علم الأحياء. وقد كان من بين الفائزين بجائزة نوبل عام ١٩٦٢ لبحوثه التي أجراها على مادة د ن أ.

وقد تمكن العلماء حديثاً من معرفة تركيب هذه الأجهزة وكيفية عملها. كما توصلوا إلى معرفة كيمياء الوراثة. وكان لتلك الاكتشافات الفضل فيما وصل إليه العلم عن الكائنات الحية. ومن أجل ذلك فقد سمى الجزء الثاني من هذا الكتاب «بثورة في علم الأحياء».

إننا نعاصر علماء كباراً، لا يمر يوم دون استجلاء لغز من ألغاز الكائنات الحية وكيف تبدو بالكيفية التي هي عليها وكيف يمكن تحسينها.

وقد زودنا علم الوراثة بأسلحة جددة في مكافحة المرض والحصول على غذاء أفضل ومحصولات زراعية كنا في أشد الحاجة إليها تقاون الآفات والأمراض. وربما تأتي لنا اكتشافات المستقبل بعلاج شاف للأمراض المستعصية. وقد نهتدي إلى معرفة كيف بدأت الحياة في عصور ما قبل التاريخ.

وفضلا عن ذلك، فإن معلوماتنا عن الوراثة تمكننا من حياة أطول ومعيشة أفضل من ذي قبل.

المؤلف



الجزء الأول

إطار الوراثة

جريجور مندل - مؤسس علم الوراثة

كان مؤسس علم الوراثة واسمه جريجور مندل رجلا مغموراً لا يُعرف عنه سوى القليل حتى بعد وفاته.

وقد ولد مندل من أبوين فقيرين في ٢٢ من يوليو سنة ١٨٢٢ في قرية صغيرة تدعى «هينزندورف» تتبع حالًّا تشيكوسلوفاكيا، غير أنها كانت قطعة من النمسا في ذلك الوقت. وفي تلك الأيام كانت أسر القرويين، ومن بينها أسرة مندل، تعيش في أكواخ متواضعة في أراضي النبلاء. وكانوا يقومون بفلاحة الأراضي دون أجر، وذلك مقابل سكناهم.

غير أن أنطون ندل– والد مندل– كان أوفر حظًّا، إذ كان أول ن امتلك مزرعة خاصة من بين أسرته. وكان يعمل دون أجر ثلاثة أيام في الأسبوع من أجل السيد الذي كان يمتلك الأرض أصلا. ولم تكن الأسرة تمتلك من المال إلا القليل، وكان عيشهم شظفاً.

وبدأ الطفل– وقد أطلقوا عليه اسم هانز– يعاون أباه في البستان وهو لا يزال صغير في السن وكانا يقومان أحياناً بتطعيم الأشجار، وذلك بعمل فتحة في فرع شجرة وتثبيت غصن شجرة أخرى فيها. وقد كان المزارعون يستخدمون تلك الطريقة منذ قديم الزمان، إذ كان يعتقدون عن صواب أنها تنتج محصولات أوفر كمية وأفضل. وما زالت تلك الطريقة تستعمل حتى الآن، وفي عملية التطعيم لا بد من إدماج جزء من كائن حي في كائن حي آخر. وقد تكون تلك العملية هي التي أثارت فضول

مندل عن الوراثة وأوحت إليه بأعماله فيما بعد.

إن الحقبة الأولى من حياة مندل تمثل قصة كفاح نحو التعلم. ففي العادة كان يقتصر تعليم أبناء المزارعين على مدرسة القرية. غير أن مندل الصغير كان قد سمع عن درسة ذات مستوى أعلى على بعد أميال، وألح على والديه في السماح له بالألتحاق بها. وكان ذلك في الواقع تضحية كبيرة من الأسرة التي كانت في أشد الحاجة إلى معاونته إياها. ولما كان مندل قد أظهر تقدماً في تلك المدرسة فقد سمحوا له بمواصلة الدراسة في مدرسة أعلى. وفيما عدا ذلك لم يقدموا له سوى مساعدات ضئيلة. وكان معظم طعامه الخبز والزبد، إذ لم تسمح موارده بشراء طعام أفضل.

وكان مندل يأمل في الألتحاق بالجامعة. غير أن آماله تحطمت عندما أصيب والده في حادث وساءت صحته.

وعندما بلغ العشرين من عمره وجد أنه «لا يمكن الاستمرار في تحمل هذه المشاق تحت ظروف هذا الحرمان». ولما كان مندل ورعاً للغاية فقد قرر أن يتخلى عن «مرارة الكفاح في سبيل لقمة العيش» والتحق بأحد الأديرة بالقرب من بلدة برون. وفي عام ١٨٤٧ وبعد أربع سنوات من الاستعداد أصبح راهباً على المذهب الأوجستيني، ونصب قسيساً.

وبعد فترة وجيزة طلبت مدرسة قريبة من الدير مدرساً ليعمل بصفة مؤقتة فاختير مندل لهذه المهمة مع وعد بإتقانه بصة مستديمة إذا اجتاز

الاختبارات الحكومية، ولكنه رسب. غير أن رسوبه كان خيراً له إذ ترك مندل في نفوس الممتحنين أثراً كبيراً مما حدا بهم أن يقنعوا رؤساءهم بإلحاقه بجامعة فيينا، وإذن فقد تحققت له فرصة التعليم العالي التي طالما تاق إليها.



جريجور مندل

وبعد دراسة عامين مندل إلى برون حيث قام بتدريس العلوم في مدرستها الثانوية، وكانت أياماً سعيدة، فقد أحب عمله ووجد وقتاً كافياً لإجراء تجاربه في هوايته المحبوبة ألا وهي كشف طلاسم الوراثة.

وكانت تجاربه بسيطة للغاية، لقد حاول الباحثون من قبله حل مسائل عديدة دون تمهل، في حين قرر مندل بعقله الراجح دراسة نبات معروف بحيث يتتبع كل صفة على حدة، وأجرى تجاربه في حديقة الدير على البازلاء التي تنبت بالحدائق.

ولاحظ مندل أن البازلاء ليست كلها سوداء فبعضها طويل، والآخر قصير، كما تختلف ألوانها ما بين أصفر وأخضر. وبعض أزهارها ملونة، وبعضها الآخر أبيض، ثم قام بتهجين السلالات الطويلة بالقصيرة، والخضراء بالصفراء، وذات الأزهار الملونة بالأخرى ذات الأزهار البيضاء، وكان يشير إلى تلك النباتات بزهو وافتخار قائلا لزواره: «إنها أطفالي».

وفيما يلي ما اكتشفه مندل:

عندما هجنت النباتات الطويلة بالأخرى القصيرة كانت أبناؤهما كلها طوالا. ولكن عندما لقحت تلك الأبناء الطويلة كان حوالي ثلاثة أرباع الجيل الثاني طويلا والربع فقط قصيراً.

وبسبب اكتساح الطول للقصر في هذه البازلاء المهجنة فقد أطلق مندل على هذا الطول اسم «الصفة السائدة» والقصر بالصفة المتنحية (المتوارية).

كما وجد أيضاً أن اللون الأصفر هو السائد على اللون الأخضر في البذور (البازلاء التي نأكلها هي بذور النبات)، وفي الأزهار كان اللون الأحمر هو السائد على الأبيض.

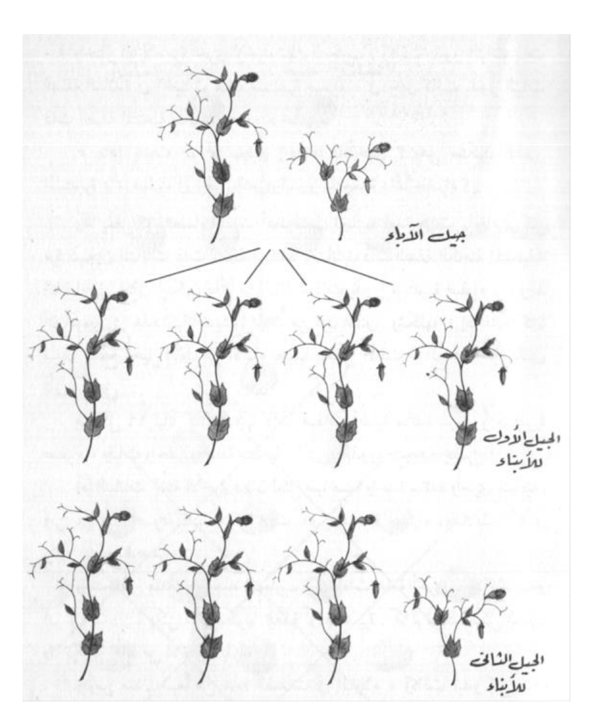
ثم أطلق العلماء من بعده لفظ جينات (genes)[1] على العوامل التي تتحكم في كل من الصفات السائدة والمتنحية. واشتق هذا الاسم من كلمة عنصر أو أصل اليونانية.

---

(1) ترجم المجمع اللغوي كلمة جينات إلى «مورثات». وهناك ترجمة أخرى لتلك الكلمة « ناسلات » . ولكننا فضلنا استعمال الكلمة الأصلية نظراً لشيوع استعمالها وقوة دلالتها. (المترجم).

ويختص علم الوراثة بدراسة الجينات، ومندل هو مؤسس هذا العلم الحديث. وتعتبر النتائج التي حصل عليها مندل في تجاربه على نبات البازلاء نموذجاً لما يحدث في كل كائن حي.

وبرغم الاكتشافات العديدة التي اهتدى إليها مندل فقد كان يشغله شيء هام يريد معرفة كنهه– ماذا يحدث لو أن النباتات التي يربيها اختلفت في صفتين بدلاً من صفة واحدة؟.



تبين هذه الصورة كيف وجد مندل أن جينات الطول هي السائدة في نبات البازلاء، وإن جينات القصر هي المتنحية، وعندما ت تهجين سلالة نقية طويلة بسلالة قصيرة كان كل أفراد لجيل الأول من الأبناء طويلاً. وعندما هجن اثنان من تلك النباتات المهجنة أنتجت من الجيل الثاني سلالات طويلة وأخرى قصيرة بنسبة ٣: ١. وتخضع جينات الإنسان لنفس هذه القوانين الأساسية للوراثة.

واختار البازلاء مرة أخرى لإجراء تلك التجارب. وكانت بذوز النبات ذات الصفة السائدة في الجينات ممتلئة مستديرة صفراء، في حين كانت بذور النبات ذات الصفة المتنحية منكمشة متجعدة خضراء.

ثم ماذا يحدث لو تم تهجين إحداها بالأخرى؟ وهل ستكون البذور المستديرة دائماً صفراء في الجيل الثاني والبذور المتجعدة دائماً خضراء؟.

وكما يفعل كل العلماء الثقات أعاد مندل تجاربه لعدة مرات، وقام في كل مرة بتهجين النباتات ذات الصفة السائدة بالنباتات ذات الصفة الكامنة المتنحية، وكان الجيل الثاني يتكون دائماً من نباتات ذات بذور مستديرة صفراء. ووجد أن التهجين في هذه النباتات يشمل كلا من لون البذور وشكلها؛ إذ عندما كان مندل بلقح الجيل الأول من الأبناء بعضها ببعض كانت النتائج في الجيل الثاني تأتي كما يلي:

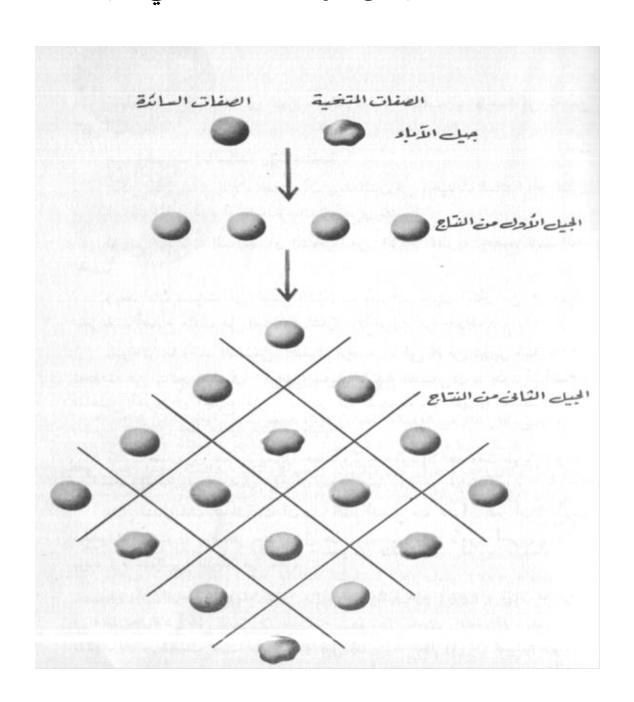
من كل ١٦ نباتاً كان ٩ منها ذات صفات أصلية سائدة- بذور مستديرة صفراء، ونبات واحد ذو صفة متنحية، أي إن بذوره متجعدة خضراء.

واستخلص مندل من هذه التجارب اكتشافات هامة أخرى، إذ كان يبدو أن لون البذور لم يكن يتأثر بكونها مجعدة أو مستديرة. كما لم ترتبط شكل البذور ولا تركيبها بحال من الأحوال بلونها.

ودرس مندل سبعاً من هذه الصفات في البازلاء، وكانت تبدو كل

صفة مستقلة عن الأخرى، فأستخلص من ذلك أن صفات الآباء تتوزع في اتحاد جديد عندما تتكون الذرية، وأن الاتحاد في ذرية معينة يتقرر فقط بالمصادفة المحضة.

وقد اكتشف مندل القوانين الرئيسية التالية في الوراثة:



قام مندل بتهجين سلالة نقية من نبات ذي صفتين سائدتين وأخرى نقية ذات صفتين متنحيتين، فكان للجيل الأول من الأبناء كلتا الصفتين السائدتين.

وعند تهجين هذه النباتات وعددها ١٦ كانت ٩ منها لها كلتا الصفتين السائدتين ونبات واحد له الصفتان المتنحيتان. أما الستة الباقون فلكل منها صفة واحدة سائدة وأخرى متنحية.

يتحكم في كل صفة في البازلاء عاملان– الجينات– واحدة تورث من كل أب.

هذه الجينات إما سائدة وإما متنحية.

يمكن لكل نبات بازلاء جديد أن يرث اثنين من الجينات السائدة، أو اثنين من الجينات المتنحية– أو واحدة سائدة وأخرى متنحية.

يمكن لكل نبات بازلاء جديد أن يرث اثنين من الجينات السائدة، أو اثنين من الجينات المتنحية– أو واحدة سائدة وأخرى متنحية.

توزيع الجينات السائدة أو المتنحية من الآباء للذرية يخضع للمصادفة المحضة.

وبعد ثمان سنوات من العمل الشاق– بعد أن أجرى أكثر من ١٠,٠٠٠ تجربة– أصبح مندل على استعداد لمشاركة الآخريم ثمرة جهاده.

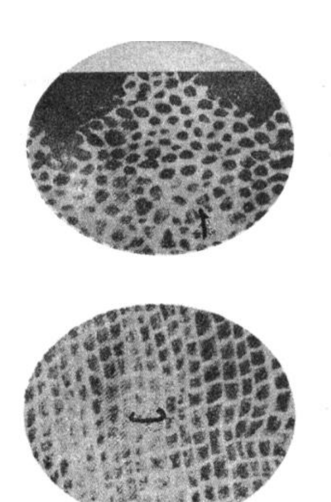
وسرعان ما وجد القسيس النمسوي فرصته، ففي ٨ من فبراير سنة ١٨٦٥ تحدث عن نتائج بحوثه في اجتماع جمعية التاريخ الطبيعي في برون. ثم أضاف تفاصيل أخرى في اجتماع مارس، غير أن المستمعين لم يظهروا تحمساً كبيراً. ونشرت بحوثه في مجلة علمية كمسألة روتينية.

وكتب مندل إلى عالم سويسري خطاباً ولم يجئه الرد إلا بعد وقت طويل، وكان ردًّا جافًّا إذ قال له: «يحسن بك أن تجري تجاربك على نبات آخر».

وقبل مندل مشورته ظناً منه أن هذا العالم أفضل منه علماً. غير أن

التجارب الجديدة فشلت، فاضطر مندل إلى هجر العلم وتفرغ لأمور أخرى، وكان يردد: «ستواتيني الفرصة فيما بعد».

غير أن الفرصة تأخرت كثيراً، إذ وافته المنية عام ١٨٨٤، وكان قد ازداد وزنه ولم يعد قادراً على العمل في حديقته، ولم يكن يدري وقتئذ أنه سيصبح من المشاهير. وانقضت ست عشرة سنة قبل أن ينتبه العالم إلى أن قسيساً متواضعاً في دير نمسوي هادىء قد توصل إلى كشف من أعظم الاكتشافات على مر الأيام.



اكتشاف الخلايا

ليس كل عالم من العلماء القدامى يموت مغموراً بين قومه اللذين عاصروه، ففي القرن السابع عشر عاش في هولندا تاجر أقمشة وكانت له هواية عجيبة. وكان اسمه أنطوني فان ليفنهوك ويقيم في مدينة دلفت. ومن حسن حظ العلم أنه كان يهتم بهوايته الخاصة بجمع العدسات

وتهذيبها أكثر من اهتمامه ببيع الأقمشة.

وأمكنه عن طريق عدساته أن يصبح مكتشفاً، واحتفظ بمذاكرات مطولة وكتب عام ١٦٧٥ يقول: «اكتشفت كائنات حية في ماء المطر، وبعض تلك الكائنات دقيقة الحجم لدرجة أن عين البرغوث أكبر منها ٧٠٠ ضعف». وفحص الهولندي عضلة القلب ومادة من كحت أسنانه كما فحص دم الإنسان والحيوان وأشياء أخرى عديدة. وفي عام ١٦٨٣– أي قبل مائتي عام من التكن من مشاهدة الميكروبات، تلك الكائنات الدقيقة التي كثيراً ما تسبب المرض– تمكن ليفنهوك من أن يراها. يا لها من أعين فاحصة، أعين ليفنهوك! إن أقوى إن أقوى عدسات ليفنهوك لم تكن تتجاوز قوة تكبير تزيد على ٢٧٠ مرة، ومع ذلك فقد أمكنه رؤيتها، كما أن رسومه التي تركمها عن تلك الميكروبات لا تدع المجال لأي شك.

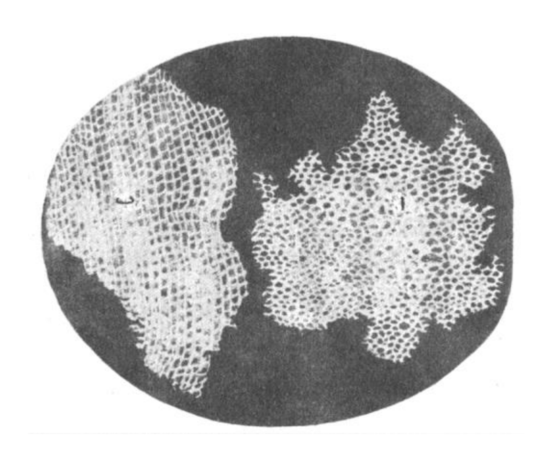
وقد أسدى ليفنهوك للعلم خدمة جليلة يجعل الميكروسكوب في متناول اليد. وقد أرسل نتائج اكتشافاته للجمعية الملكية بلندن. وأطلع عليها كثراً من العلماء وبعد حياة حافلة توفى عن ٩٠ عاماً بعد أن شاع استعمال الميكروسكوب.

حقيقة أن العالم الفلكي الكبير جاليليو استخدم عدسة لفحص عين إحدى الحشرات عام ١٦١٠. غير أن الفضل في تحقيق حلم العلماء واستخدام الميكروسكوب في فحص الكائنات الحية الدقيقة إنما يرجع لليفنهوك. وكما سنرى فيما بعد فإنه لولا الميكروسكوب لما أمكن تفهم

النتائج التي حصل عليها مندل.

وهناك عالم آخر إنجليزي يدعى روبرت هوك استخدم الميكروسكوب، غير أنه كان مختلفاً عن ميكروسكوب ليفنهوك، إذ كان له عدة عدسات بعكس ميكروسكوب ليفنهوك الذي كان يعمل بعدسة واحدة فقط. وقد أطلق علماء العصر الحديث على هذا النوع اسم «اليكروسكوب المركب»... وفي عام ١٦٦٥ ألف هوك كتاباً عن مشاهداته واكتشافاته التي توصل إليها عن طريق ذلك الميكروسكوب، وسمى هذا الكتاب «ميكروجرافيا»، وحلاه بصورة بديعة. وأغلب الظن أن بعض تلك الصور من أعمال سير كريستوفررين المهندس المعماري الشهير الذي أجرى تصميمات بعض مباني وليمسبرج– غير أن أهم ما في كتاب هوك هو وصفه الدقيق للفلين.

وقد كتب يقول: «انتقيت قطعة من الفلين الجيد وقطعت منها رقاقة بمبراة سنينة بحيث كان السطح أملس للغاية، وبفحصها بعناية بواسطة الميكروسكوب وجدت أن مادتها ممتلئة بالهواء الذي تحيطه بإحكام صناديق أو خلايا صغيرة تشبه خلايا عسل النحل».



هذا ما شاهده روبرت هوك عندما فحص خلايا الفلين من خلال ميكروسكوبه، والمعتقد أن الذي قام بهذا الرسم هو سير كريستوفر رين.

وربما بل يبدو في الوقت الحاضر أن هذا يعتبر اكتشافاً. فمعظمنا يعلم أن الكائنات الحية مكونة من خلايا صغيرة، غير أنه في عصر هوك كانت هذه الآراء غير معروفة. وبرغم أنه وجد خلايا في الكائنات الحية فلم يدر بخلده مطلقاً أن تلك الخلايا موجودة في كل شيء، غير أنها كانت بداية مشجعة. ونحن مدينون لهوك بلفظ «خلية». وقد اشتقها من كلمة لاتينية معناها «غرفة صغيرة».

وهذه «الخلية» من الأهمية بمكان في ميدان العلوم منذ بدأ هوك في استعمالها منذ ٣٠٠ عام.

وكان العالم الآخر الذي توصل إلى الاكتشاف الهام التالي في فهم حقائق الوراثة إنجليزيًّا أيضاً يدعي روبرت براون، وفي الوقت الذي قام بدراساته بعد مائة عام من هوك كان الناس قد كشفوا عن الخلايا في كثير من الكائنات الحية، ولكن لم يعرف سوى القليل عن التركيب الحقيقي

للخلية وكيفية سلوكها. وكان على براون استجلاء هذه الأسرار.

وبعد أن درس براون الطب ومارسه مدة خمس سنوات قرر أن اهتمامه بالنبات أكثر من اهتمامه بالطب، وكان هذا سبباً في مغامرة مثيرة له.

كان من المألوف في تلك الأيام أن تصحب السفن المتجهة لاستكشاف الأراضي البعيدة بعض العلماء معها، ودعى براون فعلا إلى رحلة إلى أستراليا وجزيرة تاسمانيا، وبحر على سفينة أسمها «إنفستيجيتور»، أي الباحث.

وعندما وصلت السفينة إلى أستراليا كانت في حالة يرثى لها، حتى إن معظم بحارتها غادروها إلى سفينة أخرى تاركين براون ومرافقاً له للقيام ببحوثهما، وسرعان ما حصلا على مجموعة كبيرة من النباتات قاما بتجفيفها بعناية. وعندما عادا إلى إنجلترا عام ١٨٠٥– بعد غياب أربع سنوات– أحضرا معهما ٤٠٠٠ عينة مان الكثير منها جديداً على العلم، وقد عكف براون بقية حياته على دراستها وهو سعيد بذلك.

وفي عام ١٨٢٣ أصبح براون شديد الولع بدراسة الأوركيد ونبات آخر يشبه ذات الأقحوان العادي. وبدراستهما تحت الميكروسكوب اكتشف شيئاً هاماً، إذ لم تكن الخلايا فارغة كما كان هوك يظن. وكان لكل خلية نتوء مستدير قريباً من مركز الخلية ويبدو محبباً تحت الميكروسكوب. وقد سمى براون هذا النتوء بالنواة– واشتق هذا اللفظ

من كلمة لاتينية بمعنى «البندقية»- وجمعها «أنوية».

وبرغم أن براون لم يدرك أهمية اكتشافه فإن العلماء الآخرين أدركوا أن لمعظم الخلايا أنوية. وعرف الباحثون بعد ذلك أن النواة هي مركز القيادة بالنسبة للخلية. ومن المعروف الآن أننا أزلنا النواة من الخلية فقد تعيش الخلية بعض الوقت، ولكن لا يمكنها أن تتكاثر بأي حال من الأحوال. فبدون النواة لا تكون هناك حياة.

وبمجرد أن اكتشف روبرت براون النواة اتجه كثير من العلماء إلى فحص أنسجة النبات والحيوان تحت الميكروسكوب. وكلما انهمكوا في الفحص وجدوا العديد من أنواع الخلايا. وفي الواقع لم يجد أحد منهم نسيجاً بدون خلايا.

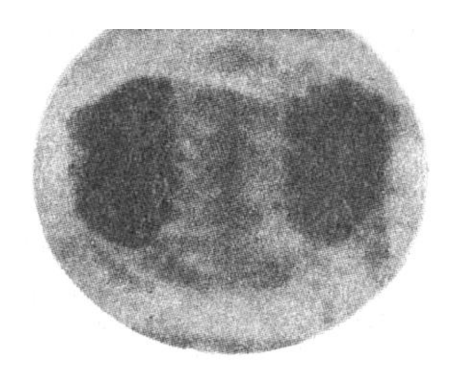
وسرعان ما أدلى عالمان ألمانيان من علماء التاريخ الطبيعي بتصريح خطير. وكان أحدهما، يدعي ماتياس شليدن- متخصصاً في النبات، والآخر- وهو تيودور شوان- متخصصاً في الحيوان. وكانا صديقين يتبادلان الخطابات.

وقد صدر تصريحهما عام ١٨٣٨- ١٨٣٩ ويعرف «بنظرية الخلية»، وهذا التصريح يقرر في بساطة تامة أن كل كائن حي مركب من خلايا.

وفي عام ١٨٥٥ دفع عالم ألماني آخر يدعى رودلف فيرشو نظرية الخلية دفعة أخرى إلى الأمام؛ فقد ذكر أن كل خلية لا بد أن تأتي عن

طريق خلية سابقة بواسطة نوع ما من التكاثر، وأن كل خلية جديدة تأخذ شكلها من الخلية القديمة.

وبرغم أنه لم تتم البرهنة على صحة هاتين النقطتين فإن أحداً لم يثبت خطأهما. كما أنه لا يحتمل إثبات ذلك فيما بعد. فالحوادث لم تجر بالسرعة الكافية لتقرير الصلة التي بين نظيرة الخلية، وما أثبته مندل عندما كان على قيد الحياة. غير أن الصلة بين الخلية والوراثة أمر في منتهى الأهمية، كما سيتبين لنا في الفصل التالي.





كيف تنقسم الخلايا؟

من المعروف في عصرنا هذا أن سر الوراثة يقع في خلايا الكائنات الحية. غير أنه حتى بعد أن قدم شوان وشليدن نظرية الخلية لم يكن هناك من يعرف شيئاً عن كنه الخلية، ذلك لأن النواة وأجزاء أخرى من الخلية كان من الصعب رؤيتها، فهي تبدو من خلال الميكروسكوب شفافة. وقبل أن يبدأ العلم في فهم الوراثة كان عليه أن يبحث عن وسائل جديدة.

ومن حسن الحظ أن الحاجة عندما تكون ماشة إلى تلك الوسائل فإنها تدفع الناس إلى إيجادها. وهذا ما حدث في علم الوراثة ودراسة الخلايا. وأثبت استعمال الصبغات أنها من أفضل الوسائل على الإطلاق.

ففي عام ١٨٥٠ استخرجت صبغة حمراء تسمى كارمين من نوع من الحشرات القرمز، وقد صبغت هذه الصبغة النواة بلون أقتم من لون سائر أجزاء الخلية، مما سهل دراستها في المعمل. وفي عاك ١٨٦٢ استخدمت صبغة أخر جديدة مأخوذة من أشجار البقم الأحمر الموجودة بأواسط أمريكا وتظهر فيها النواة مصبوغة بلون أسود.

ولعل أعظم من أسهم في هذا الشأن رجل إنجليزي يدعى هنري بركن الذي استخرج صبغاته من قطران الفحم وفتح بذلك فتحاً جديداً في الصباغة، وقد كانت صبغات قطران الفحم، المعروفة باسم صبغات الأنيلين، أداة فعالة، في الكشف عن أسرار الخلايا وكيفية عملها.

وليست الصبغات هي الأداة الوحيدة في دراسة مشكلات الوراثة. وكثيراً ما وقف العلماء من قبل مكتوفي الأيدي بسبب سمك العينات التي يريدون فحصها بدقة بواسطة الميكروسكوب حتى بعد صبغها. ولكن سرعان ما اهتدو إلى طريقة جديدة يمكن بها قطع الأنسجة الحية إلى مقاطع رفيعة جدًّا، مما مكن من فحص الحلايا كل على حدة. وفي عام ١٨٧٢ أدخل تحسين على الميكروسكوب، وبفضل هذا الاختراع الجديد الذي هو عبارة عن عدسة زيتية أمكن تكبير العينات إلى ألف ضعف.

وسرعان ما استخدم عالم ألماني- والترفلمنج- هذه التحسينات، فقد كرس معظم حياته في دراسة الخلايا. وفي عام ١٨٧٩ توصل إلى اكتشافات هامة.

فعندما ركز ميكروسكوبه على صغار السلمندر (حيوان برمائي) رأى الخلايا تنقسم أمام عينيه. وعندما قتل السلمندرات وجهز منها أنسجة مصبوغة رأى لأول مرة كيف تتكون الخلايا الجديدة من الخلية الواحدة وتأخذ صورتها.

وفي حلبة الرقص تسير حركة الأقدام، في بعض الرقصات، بطريقة معقدة، وعلى نمط معين. وقد كشف لنا فلمنج من مشاهدته أن انقسام الخلايا يسير أيضاً على نمط معقد دقيق أشبه بما يجرى في رقصة معقدة.

وهناك في الخلية من يعمل عمل «منظم» عملية الرقص، والراقصون الذين يتلقون التعليمات هنا أجزاء دقيقة في الخلية. وقد أطلق فلمنج على انقسام الخلية اسم «الانقسام الفتيلي المعتاد (Mitosis المشتقة من الكلمة اليونانية التي معناها فتيلة».

وتسمى تلك الأجزاء الدقيقة بالكروسومات، ومعناها «الأجسام الملونة»؛ لأنها ترى بوضوح عند صبغها. ولكل نوع من الكائنات الحية كروسوماته الخاصة به وعددها ثابت في كل نوع. وفي الحيوانات والنباتات الراقية، كما في بعض الكائنات البسيطة أيضاً، نجد أن الكروسومات توجد في أزواج مماثلة.

وتوجد الكروسومات في كل نواة خلية، وفي الشمبانزي نجد ٢٤ زوجاً من الكروموسومات في الخلايل، أما في الفجل فتوجد ٩ أزواج. والعلماء في حيرة من أن عدد الكروموسومات لا يبدو أن له صلة برقي الائنات.

فمثلا– في الإنسان– الذي يعتبر أرقى أنواع الكائنات في المملكة الحيوانية نجد أن عدد الكروموسومات في نواة كل خلية ٢٣ زوجاً فقط، في حين أن عددها في السمك الذهبي ٤٧ زوجاً، وفي الجمبري أكثر من ١٠٠ زوج. وفي بعض النباتات يزيد العدد على ذلك.

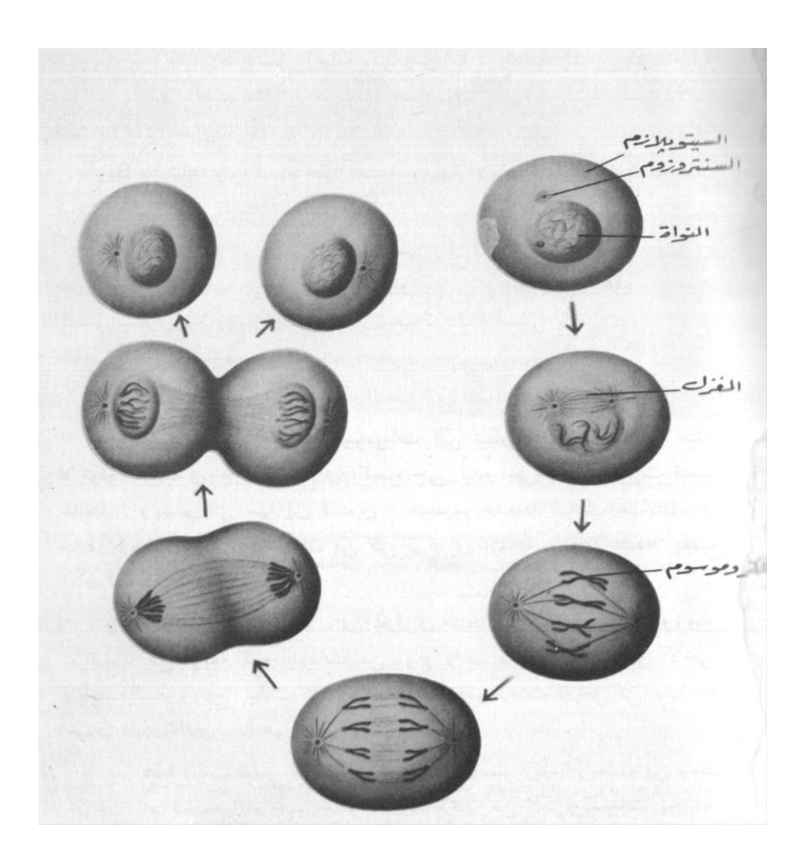
والانقسام المعتاد عملية تتدرج بالخلية حتى تنقسم إلى قسمين. وهي تختلف باختلاف أنواع الكائنات، إذ تحدث في جميع أنواع الخلايا

باستثناء عدد قليل منها.

وقد اكتشف فلمنج تلك العملية بتحضير عينات عديدة من الخلايا وفحصها تحت الميكروسكوب، وباستعمال الصبغة كانت الخلايا تموت. ومن ثم تتوقف كل حركة داخل أنويتها.

وكان يأخذ لقطات معينة أشبه بلقطات الفيلم السينمائي التي لا تستغرق سوى جزء من الثانية. وبتجميع اللقطات من الخلايا المنقسمة على حسب ترتيبها أمكنه عمل فيلم كامل لأنقسام الخلايا.

وأثناء الانقسام لاحظ فلمنج أ هناك حلقتين من الأحداث تتابع في وقت واحد، إحداهما تشمل الخلية. وكروموسوماتها، والثانية تشمل باقي الخلية وهو ما يسمى بالسيتوبلازم. ويفصل جدار رقيق ما بين النواة والسيتوبلازم ويسمى هذا الجدار بالغشاء.



رسرسم يبين الانقسام المعتاد في خلية حيوانية ذات أربعة أزواج من الكروموسومات. وقد تمكن العلماء من أخذ فيلم عن هذه العملية.

وإذا ما شاهدت انقسام خلية أصيلة بواسطة الانقسام تحت الميكروسكوب فسترى نفس ما رآه فلمنج تقريباً.

وفي البداية نجد أن الخلية لا يكاد يظهر فيها أي تغيير فيما عدا تكون جسم صغير خارج النواة مباشرة ويسمى سنتروزوم. وعندما تسير عملية الانقسام ينقسم السنتروزوم إلى جزءين متصلين بخيوط دقيقة تسمى بالمغزل (وفي انقسام النبات لا يوجد سنتروزوم برغم وجود المغزل).

وفي البداية نجد أن الخلية لا يكاد يظهر فيها أي تغيير فيما عدا تكون جسم صغير خارج النواة مباشرة ويسمى سنتروزوم. وعندما تسير عملية الانقسام ينقسم السنتروزوم إلى جزءين متصين بخيوط دقيقة تسمى بالمغزل (وفي انقسام النبات لا يوجدسنتروزوم برغم وجود المغزل).

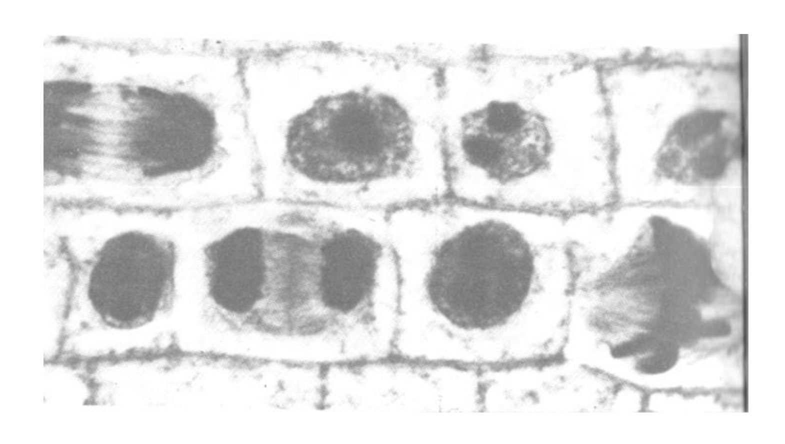
وعند تكوين المغزل يختفي الغشاء الفاصل بين النواة والسيتوبلازم.

وفي نفس الوقت تأخذ الكروموسومات التي تبدو على شكل خيوط عندما لا تكون الخلية في حالة انقسام في القصر حتى تبدو على شكل شعيرات قصيرة غليظة. ويقسم كل منها إلى قسمين، فيصبح عددها ضعف ما كان عليه سابقاً، وحيث أنه يوجد اثنان من كل نوع في البداية، فإن عددها يصبح الآن أربعة.

وتتحرك الروموسومات الآن في الغزل في منتصف المسافة بين السنتروزمين ثم ترتب كل أربعة كروموسومات من نوع واحد نفسها الواحد تلو الآخر. ويأخذ السنتروزوم بجذب كل زوج من الكروموسومات فيرحل كل منها على خيوط المغزل الذي يبدأ هو الآخر في الانقسام.

وفي هذا الوقت تبدو بقية الخلية في حال تخصر وكأنها ربطت من وسطها بحزام. ثم تتجمع تدريجياً مجموعتان متناظرتان من الكروموسومات إحداهما أمام الأخرى في طرفي الخلية. ثم يزيد انكماش الخلية حتى يتم الانفصال.

وتتكون الآن نواتان وخليتان كاملتان كل منهما صورة طبق الأصل من الخلية الأم. ويتم الانقسام عندما تعود الروموسومات إلى شكلها الخيطي مرة أخرى. ويتكون لكل خلية غشاء يفصل بين النواة والسيتوبلازم.

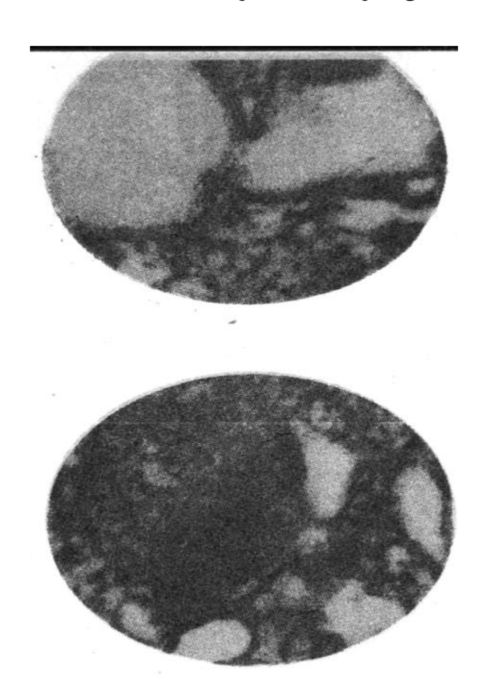


تبين هذه الصورة الميكروسكوبية عدة مراحل من الانقسام حدثت في وقت واحد بطرف جذر بصلة. ولكونه نباتاً لا توجد سنتروزومات.
وفي أسفل إلى اليمين ترى الكروموسومات المنقسمة على المغزل.
وفي أعلى إلى اليسار ترى مجموعتين من الكروموسومات متباعدتين في القطبين.
وفي أسفل الوسط يتكون جدار خلية جديد.

ويعتبر الانقسام عاملاً أساسياً في معجزة النمو. فعندما يخرج الطفل من الرحم ويبدأ حياته الجديدة فإن الخلية الأصلية التي نما منها قد تضاعفت إلى حوالي ٢٦ تريليون مرة، وكلما نما الطفل زاد عدد الخلايا. وكل هذه الخلايا تكونت بالانقسام الفتيلي المعتاد.

كما أن الانقسام الفتيلي لا غني عنه للكبار. فإن خلايا أجسامنا تستهلك بمرور الزمن، والكثير منها يموت كل يوم في الصغار والكبار

على السواء. ولولا هذا الانقسام لما حلت خلايا مكانها. والانقسام يحدث بصفة مستمرة في كل الأجسام. وإذا توقف توقفت الحياة. ويعتبر أعظم عملية شاملة عن طريقها تستمر الحياة.



أبوان بدلا من واحد

يحتاج كثير من النباتات والحيوانات وحيدة الخلية إلى الانقسام بغرض التكاثر. وهذا ينطبق على الأميبا، وهي حيوان دقيق يعيش في البرك. وتنقسم خليته الوحيدة إلى اثنتين شديدتي الشبه بالخلية الأم. ولذا فإن عدد كروموسوماتها واحد في كلا الجيلين. ويسمى هذا التكاثر باللاتزاوجي.

غير أن الأمر يختلف في حالة النباتات والحيوانات عديدة الخلايا. وللنباتات الراقية كالبازلاء أنواع عديدة من الخلايا لأغراض مختلفة. والخلايا الجنسية فقط هي التي تنتج النسل، وهو ما يسمى بالتكاثر التزاوجي والجنسي.

ففي التكاثر الجنسي تخرج كل خلية تناسلية من أبوين ولا يمكن لحياة جديدة أن تبدأ إلا باتحاد خلية جنسية ذكرية بأخرى أنثوية. والذكرية هي الحيوان المنوي، أما الأنثوية فعبارة عن بويضة. ويسمى اتحاد البويضة بالحيوان المنوي بالإخصاب.

وعندما يكون التكاثر تزاوجيًّا تختلف كروموسومات الآباء عن كروموسومات الأبناء. وكما بين مندل فإن الآباء تنقل إما جنياً سائداً وإما جيناً متنحياً من كل صفة لكل جيل. وما لم ينقل أحد الأبوين جينات سائدة والثاني جينات متنحية فإن الأبناء تتوارث بعض الصفات من كل من الأبوين.

وكما بينا في الفصل السابق فإن عدد الكروموسومات في خلايا الكائن الحي ثابت لا تتغير. وهذا ما حير علماء القرن التاسع عشر.

وإذا كان للخلايا الجنسية نفس عدد الكروموسومات التي للخلايا الأخرى فإن اتحاد خليتين جنسيتين لا بد أن ينتج ضعف عدد كروموسومات خلايا الجيل الثاني.

غير أن عدد الكروموسومات في الآباء والأبناء في كل الأجناس

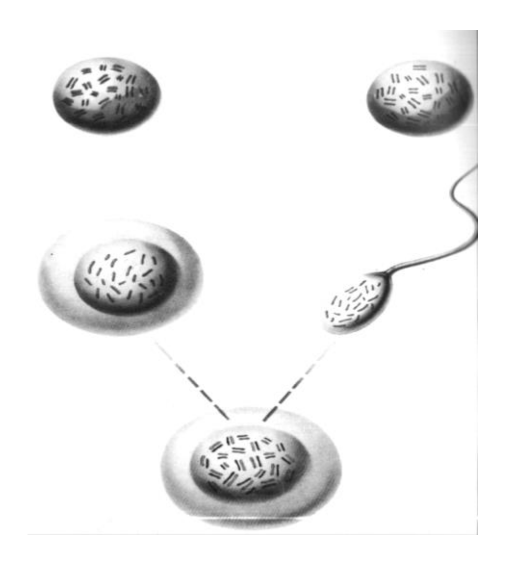
ثابت لا يتغير. فما هو تفسير ذلك؟

لقد اهتدي إلى حل هذا اللغز رجل بلجيكي يدعى إدوارد فان بنيدن، وذلك في عام ١٨٨٥. فقد وجد من خلال الميكروسكوب أن الخلايا الجنسية تحمل عدد الكروموسومات الطبيعي عندما تكون في حالة خمود، أي قبل أن تكون تامة النمو وغير قادرة على إنتاج حياة جديدة.

وقبل بلوغها هذه المرحلة تمر في عملية تسمى بالانقسام الاختزالي. وعندما تتم يصبح لكل خلية جنسية كروموسوم واحد من كل من الأزواج الأصلية.

وفي نبات البازلاء مثلاً تحمل الخلايا غير تامة النمو ١٤ كروموسوماً مرتبة في سبعة أزواج– اثنين من كل نوع من الكروموسومات ثم تنتهي بالخلايا الناضجة الجنسية التي تحمل سبعة كروموسومات أي واحد من كل زوج.

وتتحد الخلية الذكرية بالخلية الأنثوية وتكون بويضة مخصبة. ويسبب هذا الاتحاد تكوين مجموعة كاملة من الكروموسومات وعددها أربعة عشر، وعندئذ يمكن تكوين خلايا جديدة بواسطة الانقسام المعتاد.



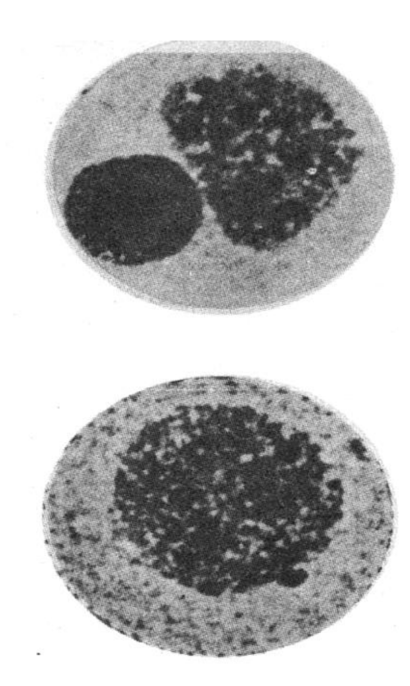
قبل أن يتحد الحيوان المنوي والبويضة لتكوين بويضة مخصبة تحدث بهما عملية الانقسام الاختزالي. وخلال هذه العملية تنقص كروموسومات كل خلية جنسية إلى النصف. ويبين لنا هذا الرسم المبسط ما يحدث في الخلايا الجنسية للإنسان. وعملية الانقسام المنصف تحدث في الخلايا الجنسية لكل الكائنات الحية

وفي حالة التكاثر التزاوجي يكون عدد الكروموسومات في الأبناء مساوياً لعددها في الآباء، ولكنها تكون في أشكال مختلفة، وهذا بسبب الطرق العديدة التي تتشكل فيها كروموسومات البويضة والحيوان المنوي في أثناء الانقسام الاختزالي. كما يتم اتحاد البويضة بالحيوان المنوي بمحض المصادفة.

ويحدث التكاثر التزاوجي في النباتات والحيوانات الراقية، غير أن كثيراً من الأحياء وحيدة الخلية يتم فيها نوع بدائي من التكاثر التزاوجي علاوة على الانقسام العادي. ويتم ذلك بحدوث انقسام اختزالي في نواتي خلتين ثم يتبادلان المادة الوراثية.

ويقع هذا التبادل عادة عند حدوث تغييرات غير ملائمة في البيئة كنقص في المواد الغذائية. ففي مثل هذه الظروف لا يمكن للكائن أن يعيش طويلاً إذا ظل كل جيل جديد محتفظاً بنفس الثفات القديمة. غير أن الاتحاد الحديث للصفات المتوارثة قد يمكن الكائن من تعود التغييرات التي تحدث في البيئة، وبذا يمكنه أن يعيش.

وللتكاثر التزاوجي من المقدرة ما ليس للانقسام المعتاد. فبواسطته يمكن للأبناء أن يختلفوا عن الآباء. ويختلف بعضهم عن بعض. وهذا التكاثر التزاوجي هو المسئول الأول عن تنويع الحياة على هذا الكون تنوعاً لا نهاية له.



العالم يكتشف مندل

في عام ١٧٩١ وجد شاب ثاقب الفكر من ولاية ماساشوستس يدعى ست رايت، أن نعجة في قطيعه ولدت حملات غير عادي. وبرغم أن هذا الحمل كان بصحة جيدة فإن أرجله كانت معوجة بشكل يلفت النظر، ومتناهية في القصر. وقد يعتبر الفلاحون الآخرون أن هذه كارثة، إذ كان الاعتقاد السائد في تلك الأيام أن مثل هذه الحيوانات تجلب الحظ السيء. ومن أجل هذا التشاؤم جرت العادة أن تعذب هذه الحيوانات أو تقتل.

على أن رايت كان رجلاً عملياً، إذ كان يرى أن حملا بمثل هذه الأرجل القصيرة لا يمكنه القفز من فوق الحواجز مما قد يعطيه فرصة أكبر للعمل. وبدون أن يفكر كثيراً عن سبب اختلاف عهذا الحمل عن أمثاله الأخرى قرر أن يربيه حتى إّا ما أصبح كبشاً أخذ منه نتاجاً– سلالة جديدة من الأغنام.

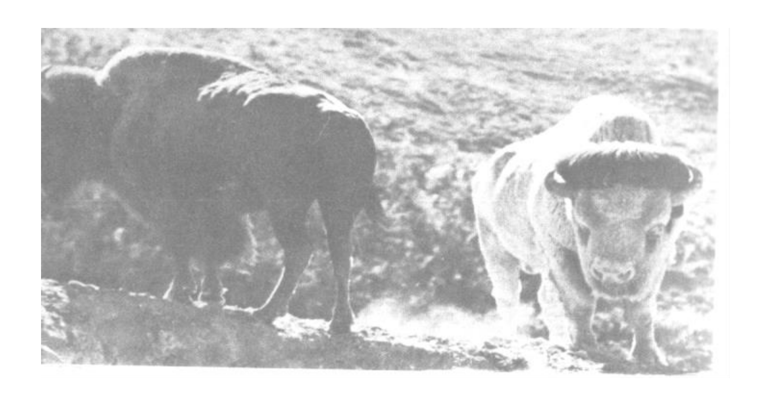
وليست هذه التغيرات الفجائية نادرة الحدوث، فهناك قطط ذات أرجل طبيعية تلد قططاً ذات أصابع مزدوجة. كما أن الماشية ذات القرون تنتج أحياناً عجولاً جماء بغير قرون، فإذا ما انتقلت هذه الصفات من جيل إلى آخر فإنها تسمى في هذه الحالة «بالسلالات الأصيلة»، ولو أننا نعلم الآن الكثير من هذه التغيرات إلا أنها كانت تعتبر ألغازاً بالنسبة لعلماء القرن التاسع عشر، وكان الكثير منهم يدرسون هذه المسألة.

وكان من هؤلاء أستاذ نبات هولندي يدعى هوجو ديفريز. وقد اكتشف هذا العالم سلالة من نبات زهرة الربيع البرية تنمو في مروجه. ولاحظ أن هذا النبات ذو أشكال عديدة مختلفة. وأخذ عينة منها لدراستها في حديقته. وربى أجيالاً وأجيالاً منها. ووجد أن جيل الأبناء في بعضها يشبه الآباء تماماً، في حين ظهر البعض الآخر عملاقياً والآخر قزمياً أو على أشكال وألوان مختلفة. ثم أجرى ديفريز نفس هذه التجارب على نباتات أخرى وبرغم أن معظمها لم ينتج مثلما تنتج زهرة الربيع البرية إلا أن البعض منها أنتج عدداً مذهل من النتاج المختلف.

وقد أطلق ديفريز على هذه التغيرات الفجائية التي تحدث في الصفات الوراثة اسم «الطفرة» (Mutation) وهي مشتقة من كلمة لاتينية معناها «تغيير» وما زال هذا الاصطلاح مستعملا حتى وقتنا هذا. غيلا أن العلماء الآن يعتقدون أن كثيراً من الصفات التي لاحظها ديفريز كانت نتيجة فرصة اجتماع الجينات المتنحية واليت كانت بدروها نتيجة الطفرات الأولى.

وفي الواقع فإن ديفريز دون أن يعلم كان قد كرر التجارب التي سبق أن أجراها مندل. كما أن اثنين من علماء النبات أحدهما نمساوي– ويدعى كارل كورنز، والآخر ألماني– وهو إريخ فون تشرمارك، أجريا تجاربهما على نبات البازلاء كما فعل مندل.

وقد بحث هؤلاء العلماء الثلاثة كغيرهم من البحاث عن النشرات العلمية التي لها علاقة بتجاربهم

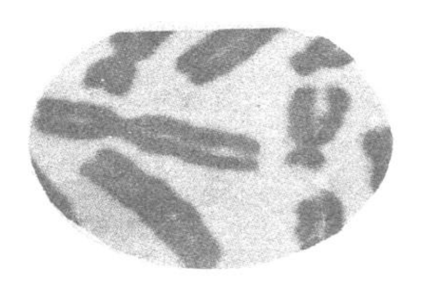


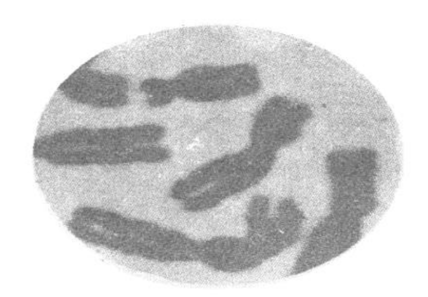
تحدث الطفرة في جميع أنواع الحيوان والنبات. وهذا الثور الأبيض الذي يظهر في الصورة مع ثور عادي يعتبر أحد الأمثلة. وهذه الطفرة قد حدثت في هذا الثور أو في أحد أجداده.

وذلك قبل أن ينشروا نتائج بحوثم. وبذا عثروا على بحوث مندل التي كان قد كتبها منذ ٣٥ عاما.

وتاريخ العلم حافل بالأمثلة على توصل أكثر من عالم واحد إلى نفس الاكتشاف في وقت واحد. على أن ظهور أربعة بحوث علمية (اثنان منها تأليف ديفريز) بين مارس ويونيو عام ١٩٠٠ في المجلات العلمية كان محض مصادفة عجيبة حقاً.

وبذا أمكن لثلاثة علماء لم يسبق لهم معرفة شيء ما عن أعمال مندل أن يعيدوا أسس اكتشافات مندل مرة أخرى. وبذا أصبح اسمه على كل لسان. وأنشىء له تمثال في برون تخليداً لذكراه وأشاد به العالم أجمع كمؤسس لعلم الوراثة.





٢٣ زوجاً من الكروموسومات في خلية إنسان. وهذه الصورة أخذت بواسطة ميكروسكوب قوة تكبيره ٣٠٠٠.

ذباب الفاكهة في المعمل

وسرعان ما تنبه العلماء إلى أن هناك صلة بين الجينات التي اكتشفها جريجور مندل والكروموسومات التي شاهدها والتر فلمنج. بل بلغ الظن ببعضهم أنهما شيء واحد. غير أن هذا الفكرة سرعان ما نبذت؛ إذ أصبح من الواضح بعد قليل أن الإنسان وغيره من المخلوقات له صفات عديدة متوارثة أكثر من الكروموسومات المسئولة عن هذه الصفات.

وكان أول من أعطى تفسيراً معقولاً بذلك عالم أحياء أمريكي يدعى وليم س، ساتون. ففي عام ١٩٠٢ افترض أن كل كروموسوم لا بد أن يحمل عدة جينات وقد ثبت ذلك فعلا.

وبعبارة أخرى فإن الجين والكروموسوم في الوراثة أشبه بالذرة والجزيء في الكيمياء. وكل جزيء عبارة عن مجموعة من الذرات مرتبة بترتيب خاص. كما أن كل نوع من الكروموسومات عبارة عن جينات ذات ترتيب خاص. وبعكس الذرات والجزيئات فإن الجينات والكروموسومات تكون عادة مزدوجة.

وبطبيعة الحال فإن العلماء كانوا يفضلون دراسة الوراثة في الإنسان مباشرة. غير أن الإنسان لا يلد سوى مرة في العام على الأكثر وطفلاً واحداً عادة. علاوة على أن دراسة ٢٣ زوجاً من الكروموسومات في خلية واحدة صغيرة من الصعب تتبعها بالأجهزة التي كانت موجودة وقتئذ. وحتى بأقوى الميكروسكوبات كانت الكروموسومات ترى كقطع صغيرة من «الإسباجتي» مختلطة بعضها ببعض لدرجة يتعذر معها معرفة بداية واحدة ونهاية أخرى. وفي عام ١٩٥٧ تبين بالدراسات العكيقة والأجهزة التي أدخل عليها تحسينات أن هناك خطأ في عدد الكروموسومات، إذ وجد عددها ٢٣ زوجاً وليس ٢٤.



وكان يبدو واضحاً أن الحاجة ماسة إلى البحث عن مخلوقات

أبسط من الإنسان لمواصلة دراسة العلماء في موضوع الجينات.

ثم أمكن الاهتداء إلى استخدام ما يعتبر حيوان تجارب قليل التكاليف في ثمنه وفي طعامه. ويمكن إنتاجه في أسبوعين، كما يمكن الحصول على نتاج منه بمائتي فرد في المرة الواحدة. وقد أصبح من السهل دراستها تحت الميكروسكوب لوجود أربعة أزواج فقط من الكروموسومات في الخلية الواحدة– أي بمجموع ثمانية أزواج منها واسمها العلمي دروسوفيلا ميلانوجاستير (Drosophila melanogaster)، وهو ما يعرف باسم ذباب الفاكهة التي تحوم حول الموز والعنب محدثة طنيناً (وتسمى أحياناً بذباب الخل).

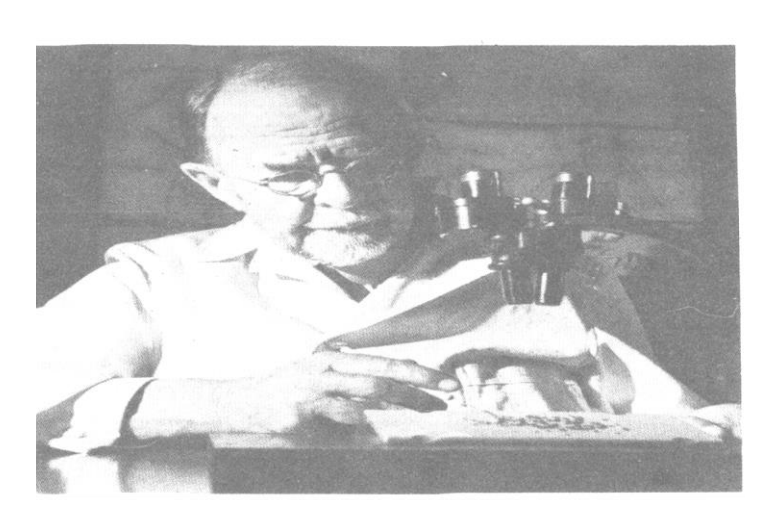
وكان أول من استعمل ذباب الفاكهة في بحوث الوراثة، و. كاسل بجامعة هارفارد وذلك عام ١٩٠٦، وكان يشاركه في معظم بحوثه عالم في علم الحيوان من جامعة كولومبيا وهو توماس هنت مورجان. ومنذ ذلك الحين قضت ملايين من هذه الحشرة المعروفة حياتها في أوان زجاجية من أجل تقدم العلم.

وبعكس بازلاء مندل فإنها لا تحتاج إلى حدائق، وكل ما تتطلبه الزجاجات التي تعيش فيها وهي تحتفظ بسهولة على الرفوف. وتعيش على مزيج مندي من الموز والخميرة كما يشمل التحكم فيها بسبب انجذابها بشدة نحو مصدر الضوء. وعندما يراد تزاوج واحدة منها من زجاجة بأخرى في زجاجة أخرى فيكفي تغيير اتجاه الضوء لتتجه الذبابة إلى المكان الصحيح. ومن حسن الحظ فإنها قوية، فهي لا تتأثر بالأثير

الذي يقتل كائنات أخرى كثيرة.

وقد وجد مورجان أن هذا الذباب الصغير سرعان ما يفيق من تأثير البنج. وبهذا يمكن فحصه بعدسة يدوية وأن يعيش بعد ذلك ويتناسل.

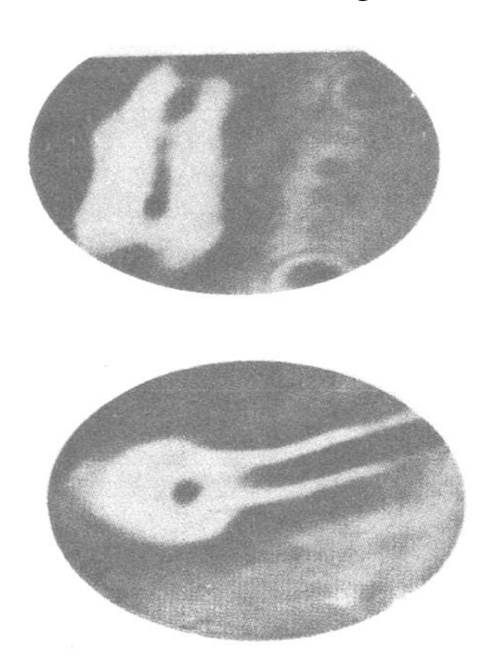
وقد ثبت أن ذباب الفاكهة وكروموسومه صورة طبق الأصل لما يحدث من السلوك الوراثي في الكائنات المختلفة من البكتريا إلى الفيلة. فالأسس واحدة في جميع الكائنات الحية وفي الواقع فإن مورجان تعلم الكثير من الأسس من تجاربه مع الدروسوفيلا والتي نال عليها جائزة نوبل في الطب عام ١٩٣٣.



توماس هنت مورجان عندما فاز بجائزة نوبل وهو في سن السابعة والستين وقد بذل سنى عمره مع ذباب الفاكهة في دراسة علم الوراثة.

وكان لإدخال الدروسوفيلا في بحوث الوراثة نتائج أخرى هامة. فقد أثارت أعمال مورجان تحمس علماء الأحياء حتى أصبحت له «فرقة

ذباب» من المساعدين الحاذقين. وانتقل بذلك مركز قيادة علم الوراثة تأسس في دير نمساوي إلى الولايات المتحدة.



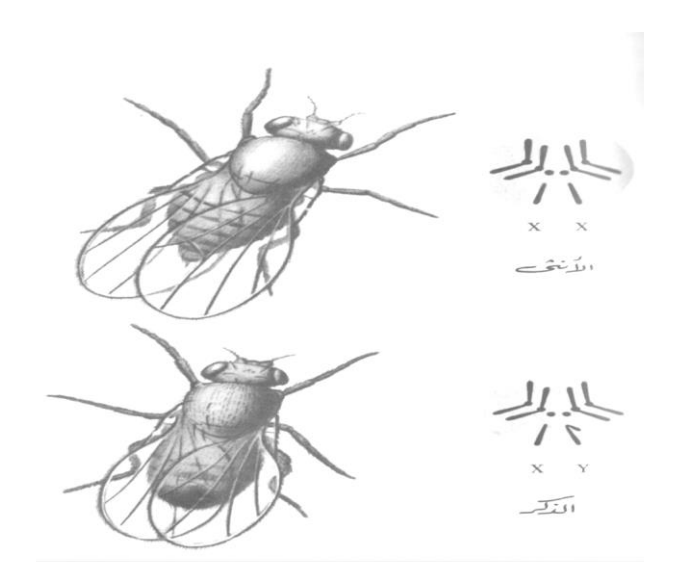
الذكر والأنثى

لا يمكن لأحد أن يتنبأ: هل المولود سيكون ذكراً أم أنثى؟ ولا بد أن ينتظر حتى يولد. مع أن الأمر كان قد حسم منذ وقت طويل– في اللحظة التي اتحد فيها الحيوان المنوي بالبويضة والكروموسومات الموجودة في نواة الخلية الجديدة هي المسئولة عن ذلك.

ولو أن علماء آخرين هم الذين وضعوا أساس هذه العلملية إلا من مورجان وجماعته في كولومبيا هم الذين أوضحوها، وعند فحصهم الأربعة الأزواج من الكروموسومات تحت الميكروسكوب كانوا يجدون أن ثلاثة

أزواج متجانسة بصفة مستمرة. كان يبدو زوج منها على شكل نقطتين مستديرتين، والزوج الثاني على شكل v مقوسة باتساع، أما الزوج الثالث فيشبه الزوج الثاني، غير أن الـ v فيها أكبر قليلاً.

أما الزوج الباقي من الكروموسومات فكان يختلف في الذكر عن الأنثى في ذبابة الفاكهة؛ ففي خلايا أنثى الدروسوفيلا يكون الزوج من الكروموسومات متناظراً، ويبدو كل منهما على شكل



يتعين الجنس في الكائنات الحية بوساطة زوج من الكروموسومات؛ ففي ذباب الفاكهة مثلا عنه ما تحمل خلاياها اثنين من كروموسومات x تكون أنثى. وعندما تحمل خلايا كروموسوم x وآخر y تكون ذكراً. وهذا ما ينطبق أيضاً على الإنسان في تحديد الجنس. عصا صغير ويسمى كروموسوم x.

أما إذا كان الذباب ذكراً فإن زوج الكروموسومات لا يكونان متناظرين وأحدهما هو كروموسوم x الموجود أيضاً في الأنثى. أما الآخر فيسمى كروموسوم y، وهو أصغر، ومنحن في أحد أطرافه.

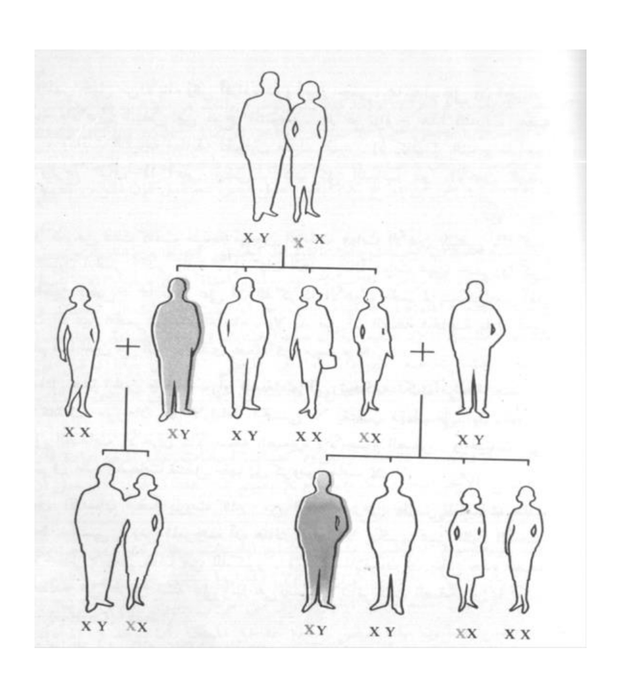
وقررمورجان ومساعدوه أن كروموسومات xو y دائماً، أما في الذكر فإن الخلايا المنوية تكون مجموعتين متساويتين تقريباً واحدة تحمل خلاياها كروموسوم x والأخرى كروموسوم y.

وقد ثبت ذلك في التجارب التي أجريت الواحدة تلو الأخرى. فعندما تتحد البويضة بخلية منوية تحمل كروموسوم x يكون النسل أنثى، ويكون النسل ذكراً إذا كانت الخلية المنوية تحمل كروموسوم y.

ولا يقتصر هذا المثل على ذباب الفاكهة، فوجود كروموسوم x وy في الخلية المنوية في معظم الكائنات بما فيها الإنسان هو الذي يحدد هل المولود ذكر أم أنثى. كما أن وجود نوعين من الكروموسومات الجنسية في كل الكائنات العليا هو الذي يقسمها إلى ذكر وأنثى.

وكغيرها من اكتشافات الوراثة فإن الحقيقة اصطدمت ببعض المعتقدات التقليدية؛ إذ يعتقد الناس منذ قرون أن المرأة هي التي تعين جنس المولود. وكم من ملكات طلقن من ملوك فيما مضى لعدم إنجابهن ذكوراً. ولا عذر الآن لملك، فقد أثبت مورجان سخف تلك المعتقدات.

وكان حل لغز كروموسومات x و y من الأعمال التي قام بها مورجان؛ إذ اكتشف في يوم من الأيام ذكراً من الدروسوفيلا ذا أعين بيض من بين أقاربه ذوي العيون الحمر، وكان أن جعل هذا الذكر يتزاوج بأنثى ذات أعين حمر.



يبين هذا الرسم كيف أن الصفة المرتبطة جنسياً مثل عمى الألوان تنتقل من جيل لآخر. ويحمل الكروموسومات X (ذو اللون الأحمر) الجينات المتنحية. وهي تؤثر فقط في حالة عدم وجود كروموسومات X (ذو اللون الأسود) إذ تحمل جينات الرؤية الطبيعية.
والصفات ذات الارتباط الجنسي أكثر شيوعاً بين الرجال لأن خلاياهم تحمل كروموسوم X واحداً فقط.

وظهر الجيل من الأبناء وكل أفراده ذو أعين حمر، مما يدل على أن الجينات الخاصة بالأعين البيض من نوع المتنحية. ثم تم تزاوج هذا الذباب بعضه ببعض، وكانت النتيجة مطابقة لقوانين مندل نفسه. إذ كان $\frac{3}{4}$ النتاج ذا أعين حمرا والربع الباقي ذا أعين بيض. كان كل اذباب ذو الأعين البيض ذكوراً.

وأكثر من ذلك كانت نتيجة تهجين الإناث ذوات الأعين البيض بالذكور ذوي العيون الحمر أكثر إثارة، إذ كان النتاج إناثاً ذوات عيون حمر وذكوراً ذو أعين بيض، مما يدل على أن الذكر ذا الأعين الحمر لم

يتمكن من نقل جينات الأعين الحمر السائدة للأبناء. ولا بد من أن الصفة الخاصة بلون العين يتحكم فيها جين من النوع الذي يحمله كروموسوم x.

ومثل هذا الجنين والصفة، أو الصفات التي تحكمه تكون مرتبطة جنسياً، وقد اكتشف مورجان أن الارتباط الجنسي لا يقتصر على لون العين، بل على الصفات الأخرى كالأجنحة الصغيرة والأجسام الصفر. والجينات التي تتحكم في هذه الصفات تنتقل معها إلى كروموسومات x.

وفي الإنسان أيضاً يورث كثير من الصفات عن طريق الجينات ذات الارتباط الجنسي. ومن المعروغ أن هناك أفراداً لا يمكنهم تمييز اللون الأحمر من الأخضر، وهم غالباً من الذكور. ويمكن للإنسان أن ينقل هذه الصفة إلى أحفاده عن طريق ابنته على أنها هي نفسها لا تتأثر بتلك الصفة، وإنما تكون حاملة (Carrier) فقط.

وتعتبر القطط ذات الألوان الثلاثة مثلا هاماً من أمثلة الارتباط الجنسي الوراثي. ففي هذه الحالة يمكن أن تكون للقطة الأنثى فرو من ثلاثة ألوان– الأسود، والأبيض، والبرتقالي. وتنتقل جينات الفرو الأسود وجينات الفرو البرتقالي بواسطة كروموسوم x وكلاهما ليس من النوع السائد. (جين الفرو الأبيض كروموسوم آخر). وإذا كان كروموسوم واحد من نوع x موجوداً– كما في الذكر– فإنها تحمل جيناً للأسود، أو آخر للبرتقالي. ولكن إذا كان القطيط أنثى فإن الوراثة تحمل تسوية. فإذا كان كروموسوم واحد من نوع x يحمل جين الفرو الأسود والآخر من نوع x

أيضاً يحمل جين البرتقالي فإن اللونين يظهران في القط الملون.

ومن سوء الحظ أن الجينات ذات الارتباط الجنسي كغيرها من الجسنات تسبب في بعض الأحيان الأمراض للإنسان. ومن أهم أمثلة ذلك مرض نادر يسمى مرض سيولة الدم (الهموفيليا أو الناعور)، حيث تكون الجينات التي تتحكم في النزيف غير سليمة، إذ عندما تكون هذه الجينات في حالة طبيعية فإنها تجعل الدم يتحثر عند تعرضه للهواء. أما في المرضى المصابين بهذا المرض فإن الجينات تعجز عن أداء هذا العمل. والمصابون بهذا المرض معرضون للنزيف بدرجة خطيرة ولو من خدش صغير.

ويحمل كروموسوم x هذا الجين ولا تصاب السيدات بهذا المرض عادة لأن الجين الطبيعي الآخر الموجود بكروموسوم x يقيهم شر هذا المرض، في حين أن كروموسوم y لا يعطي هذه الوقاية.

ولأن كروموسوم y لا يحمل عدداً أقل من الجينات، فإن كثيراً من جينات كروموسوم x ليس لها نظائر في كروموسوم y. وهذا ما ينطبق على الجين الخاص بتخثر الدم. وبسبب عدم وجود الجين الواقي من مرض سيولة الدم في الرجال، فإنهم هم الذين يصابون بهذا المرض. غير أنه من الممكن أن يوجد في المرأة، وبذا يمكن أن تنقله من جيل لآخر.

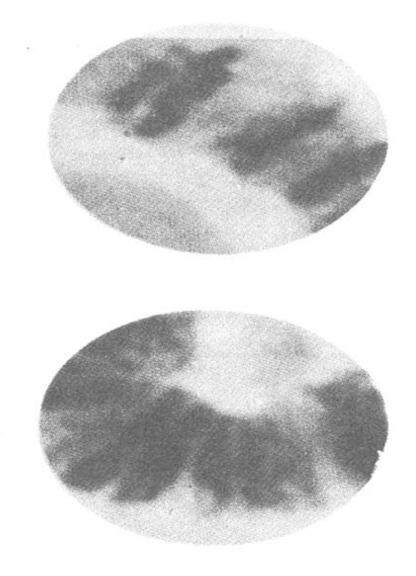
وكان هذا مصاب الملكة فكتوريا ملكة إنجلترا؛ إذ يرى العلماء أنها كانت تحمل جيناً طافراً، أو أنها توارثته من أبيها. وكانت هذه الملكة بصحة جيدة، غير أن أحد أبنائها كان مصاباً بمرض سيولة الدم، كما

كانت اثنتان من بناتها من «حملة» هذا الجين، وقد عاشوا جميعاً حتى تزوجوا وأنجبوا أطفالا، وبذا انتقل المرض إلى أفراد الأسرة الملكية الأخرى. وفي جيلين فقط كان ورثة عرشي إسبانيا وروسيا من ضحايا هذا المرض، وشجع ذلك على حدوث قلاقل سياسية، فقامت ثورات في كلا البلدين. ولو أن عوامل أخرى أسهمت في سقوط تلك العروش إلا أن الجينات المريضة لعبت دوراً هاماً في ذلك.

ومنذ ذلك الحين أحرز الطب تقدماً كبيراً في مكافحة هذا المرض. ولو أنه من الأمراض الخطيرة إلا أن نقل الدم يوقف عادة شدة النزيف. غير أن العلاج الحقيقي لهذا المرض إنما يكون في منعه.

وهذا أيضاً أحرز العلم تقدماً كبيراً. ففي الوقت الحاضر أصبح من المكن معرفة المرأة التي تحمل هذا المرض، وذلك بفحص دمها ميكروسوبياً وعمل اختبارات كيماوية.

وربما يأتي اليوم الذي يستطيع فيه الأطباء تعويض النقص في حاملي هذا المرض أو في من يتوارثه. أما المرضى المصابون به في وقتنا هذا فإنهم يجدون عناية أفضل بكثير. مما كانت عليه الحال من قبل.



تخطيط الجينات

يعتبر الجزء من المائة من السنتيمتر في عالم الجينات والكروموسومات شيئاً كبيراً، إذ يبلغ طول أمبر الكروموسومات في الإنسان حوالي $\frac{1}{1000}$ من السنتي، ويبلغ طول أصغرها حوالي $\frac{1}{4000}$ من السنتي.

وتعتبر الجينات من أدق الأجسام، حتى إن أعظم الميكروسكوبات في وقتنا هذا لا يمكن أن تظهرها. ويبلغ سمك الجين حوالي $\frac{1}{40000000}$ سم في حين أن طولها حوالي $\frac{1}{400000}$ سم. وعندما تتجمع عدة مئات منها فإنها لا تشغل فراغاً أكثر من نقطة، ويحوي الزوج من الكروموسومات حوالي ١٠٠ زوج من الجينات على الأقل وقد يصل إلى ١٠,٠٠٠ زوج منها. ولا يمكن تحديد ذلك.

ولو أنه من المستحيل حساب عدد الجينات، إلا أن العلماء توصلوا إلى معرفة الكثير عنها، وذلك من ملاحظة تأثيرها في الصفات المختلفة. وكان اكتشاف الجينات ذات الارتباط الجنسي التي تحملها كروموسومات x أول خطوة كبيرة في هذا الاتجاه.

وتوالت بعد ذلك اكتشافات مشابهة،. إذ لاحظ مورجان وزملاؤه في كولومبيا أن الصفات التي تتحكم فيها الجينات ذات الارتباط الجنسي ليست وحدها الصفات المنقولة، إذ يبدو أن كثيراً من المميزات الأخرى تنتقل في مجموعات.

وبعد إجراء آلاف من التجارب على الدروسوفيلا أمكن استنتاج أن مندل ارتكب خطأ؛ إذ ليست كل صفة مستقلة عن الأخرى كما كان يعتقد الراهب النمسوي. كما أن كل الصفات التي تحكمها جينات في نفس الكروموسوم تورث بعضها مع بعض.

وأثناء الانقسام العادي أو الانقسام الاختزالي تعتبر الكروموسومات وحدات مستقلة، أما الجينات فهي حبيسة داخلها.

وبالطبع لم يكن مندل يعلم شيئاً عن الكروموسومات، إذ توفى قبل أن يسمع شيئاً عن اكتشافها. وعندما فهمت الكروموسومات على حقيقتها كان تفسير نتائج تجاربه سهلاً للغاية. ومن المصادفات أن نبات البازلاء يحمل سبعة أزواج من الكروموسومات، وبالمصادفة أيضاً أن تلك الصفات السبع التي وجد مندل أن سلوكها مستقل كانت جميعها

من كروموسومات منفصلة. ولو كان قد درس ثماني صفات بدلاً من سبع لكان في الأرجح قد صحح خطأه.

واكتشاف مورجان له أيضاً استثناءات كما قرر هو بنفسه؛ فإن بعض الصفات المرتبطة ببعضها في الآباء تنفصل في الأبناء. وسنتبين هنا كيف يتم هذا الانفصال.

يوجد في معظم الخلايا اثنان من كل نوع من الكروموسومات مكوناً زوجاً. وفي كل واحد من الزوج تكون الجينات التي تتحكم في صفات معينة موجودة في أماكن ثابتة بنظام تام.

ويكون كل كروموسوم عادة وحدة مستقلة، وتبقى الجينات الخاصة به بصفة مستمرة طوال الوقت. وخلال الانقسام الاختزالي يحدث تبادل بعض الأجزاء أو القطع بين كروموسومي الزوج، وتسمى هذه العملية بالعبور.

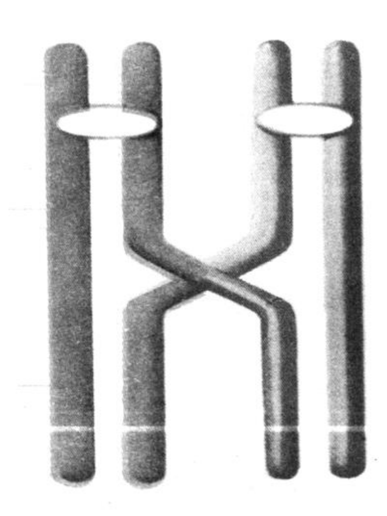
ويقتصر تبادل الجينات فيما بين كل زوج من الكروموسومات فقط، ويمكن تبادل أي عدد من الجينات من جين واحد إلى كروموسوم بأكمله.

وبسبب هذا العبور فإن الصفات المرتبطة في جيل واحد تصبح منفصلة ومن نتائج العبور اتحاد جينات مرتبطة في الأبناء. بل وغالباً ما تؤثر في مظهرهم.

وقد أوضح مورجان هذه القاعدة، لا في الدروسوفيلا فحسب، بل في كثير من الأحياء الأخرى. فقد زاره أحد المحررين في معمله عام

١٩٠٨ ووجد عنده بخلاف الدروسوفيلا أنواعاً مختلفة من الفئران، منها الأرجونية والزرقاء المنقطة باللون الأبيض على الظهر.

وبرغم ندرة وجود هذه الحيوانات خارج المعمل فإنها تظهر لنا بوضوح الإمكانيات اللانهائية التغيير في الطبيعة. فالعبور والانقسام الاختزالي زالطفرة ما هي إلا طرق يتغير بواسطتها المسلك الوراثي.



يؤدي العبور إلى ارتباط جديد الصفات في الأبناء، وهذه إحدى الطرق التي تنال فيها الحياة تنوعاً.

ولم يفهم بعد سبب حدوث العبور. غير أن مورجان لاحظ أن بعض مجموعات الصفات المرتبطة تميل إلى الانفصال أكثر من غيرها. ومن أجل دراسة مثل هذه الصفات بدقة، فقد قام هو ومساعدوه بتربية عدد هائل من الذباب.

وكان هناك ذباب ذو أجنحة طويلة وآخر ذو أجنحة قصيرة أو

منكمشة. كما كان هناك أيضاً ذباب ذو أعين حمر وذباب ذو أعين بيض أي لون آخر أو بدون أعين مطلقاً، وذباب ذو أشواك مستقيمة وآخر بأشواك ذات شعبتين وقد أمكن المعمل في النهاية إنتاج ما يقرب من ألف توليفة مختلفة من الصفات الجسمانية في مجموعة الذباب الموجودة به.

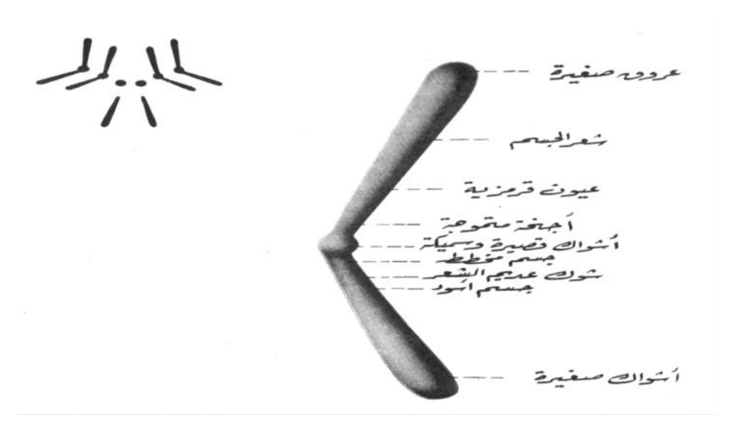
وقامت «فرقة الذباب» في كولومبيا بعمل سجلات عن كل الذباب الذي في عهدتها مع تفصيل شامل بصفاته. وكان ذلك عملا شاقاً. وكانت كل ذبابة تعرض لكمية ضئيلة من الأثير لتبقى في سكون خلال فحصها.

وكان من المحتمل أن يبعث هذا «الروتين» الملل في إنجاز تلك التجارب لولا أن أحد الباحثين الجدد كان– يدعي كالفين بريدجز– كان شديد الرغبة في العمل بصبر ودقة؛ إذ كان يريد التوصل لمعرفة موضع الجينات في الكروموسومات إذا أمكن ذلك.

وتحت إرشاد مورجان درس بريدجز زخريج آخر يدعى ألفريد ستورتيفانت كل الطرق الممكنة في كيفية ارتباط الصفات عندما تنتقل من جيل إلى آخر. وأخيراً توصل الباحثون إلى تقسيم التوليفات الجسمانية البالغ عددها ألفاً إلى أربع مجموعات. وأمكن بمواصلة الدراسة تحديد كل مجموعة لواحدة من الأربعة الأزواج من الكروموسومات الموجودة بذباب الفاكهة.

وقد توصل العلماء أخيراً إلى معرفة متى تنفصل الصفات الطبيعية

في الدروسوفيلا في الآباء ومتى تكون ارتباطاً جديداً في الأبناء. وبدراسة ظاهرة العبور أمكم عمل أول خريطة جينية.



خريطة الجين في كروموسوم ذباب الفاكهة

ونلاحظ في الصورة أن الخريطة تبدو صغيرة كالخرائط العادية. وقد اختير جين واحداً في كروموسوم كنقطة بداية. ويدرس العلماء كيف تنفصل الصفة التي يحكمها الجين من الصفات الأخرى التي تحكمها جينات أخرى.

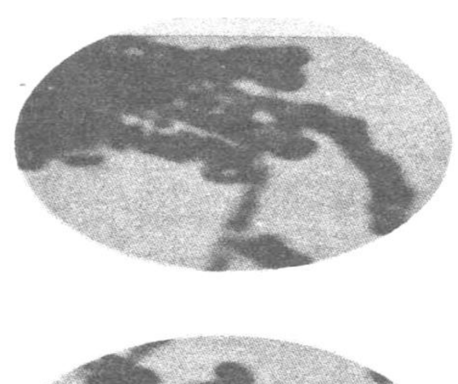
وفي حالة العبور يبادل جزء من الكروموسوم يحمل عدداً من الجينات مكانه مع جزء من زوج الكروموسوم. كلما قلت فرصة انفصال صفتين بواسطة العبور زاد التصاق الجينات التي تحكمها. وكلما زاد انفصال مثل هذه الصفات بعدت بعضها عن البعض في الكروموسوم.

وقد عملت خرائط أخرى للجينات في القمح وغيره وشملت عمليات حسابية كبيرة.

وإذا اعتبرنا أن عمل خرائط لجينات الدروسوفيلا يعتبر عملا ضخماً فيمكننا أن نتصور كيف سيكون هذا العمل عسيراً للغاية في الأحياء الأكثر تعقيداً. ولهذا السبب، ولأنه لا يمكن أن يلد الإنسان في ظروف معملية كالدروسوفيلا، فإن جغرافية كروموسومات الإنسان مازال معظمها مجهولا فيما عدا كروموسومات x وy .

وبدراسة الأحوال التي بها ارتباط جنسي كعمى الألوان وسيولة الدم قد تم البدء في تخطيط جينات الإنسان. وكما سنرى اهتدى العلماء إلى إيجاد طريقة جديدة في الكشف عن طبيعة الجينات وأماكنها.

وربما يأتي اليوم الذي يمكننا فيه رؤية الجينات مباشرة بواسطة ميكروسكوب خاص. قد أحرز أحد علماء جامعة أريزونا بمدينة توكسون تقدماً كبيراً في عمل ميكروسكوب خاص لهذا الغرض.





تغيير الجينات

كما هو الشأن في أي تقدم علمي فإن خرائط الجينات الأولى أثارت العديد من الأسئلة كما أجابت على الكثير. ولقد كانت وما زالت هناك ألغاز كثيرة حول الوراثة.

ومن هذه الألغاز التي لم يجدوا لها تفسيراً مقنعاً لغز كيفية نشوء الطفرة. وكما رأينا في قصة المزارع رايت مع الحمل ذي الأرجل المقوسة، فإن النتاج كان مختلفاً في أوجه كثيرة عن الأبوين.

وأحياناً لا يتكون ذلك بسبب طفرة جديدة، بل لفرصة تقابل جينات متنحية، ويحمل كل من الأبوين ذوي الشعر البني جينات مستترة للشعر الأحمر، وربما يكون لون شعور أولادهم أحمر بأصفرار ولا يرجع ذلك إلى أن الجينات التي انتقلت إلى الأطفال قد تغيرت أصلا، بل بسبب أن الوالدين يعتبران مختلطين من ناحية الشعر الأحمر. وهذا يعني أن كل خلاياهم الجنسية لها فرصة متساوية، لحمل الجينات المتنحية للشعر الأحمر أو الجينات السائدة للشعر البني. ومن الطبيعي أنه إذا كانت الجرثومة المنوية الحاملة لجينات الشعر الأحمر تقابل بويضة تحمل جينات نفس الصفة فإن الطفل سيكون بني الشعر.

وكثير مما حولنا فضلا عن لون الشعر كلون الأعين وشكل الأذن والأنف يحكمها عدة جينات تعمل كلها في ترابط. وهذا يعني أنه من الممكن ألا نكون شبيهين بآبائنا كلية في أوجه مختلفة بدون تأثير الطفرة.

على أن الطفر قد تظهر ذاتياً بصرف النظر عن الجينات التي يحملها الآباء. ومتى ظهرت فإن الجينات الطافرة (Mutant) يمكن أن تنقل إلى الأجيال المستقبلة.

ويعتبر جين مرض سيولة الدم الذي نقلته الملكة فيكتوريا لأولادها مثلا رائعاً من أمثلة الطفرة، وذلك لسببين:

أولهما: أن هذه صفة يمكن لذريتها أن تتوارثها كما يتوارثون شكل الأنف أو لون الأعين.

والسبب الثاني: أنها طفرة ضارة كشأن معظم الطفرات. وباستثناء القليل منها (وسنقصها فيما بعد) فإن الجينات المتغيرة لا تجلب لحامليها خيراً.

وتحدث الطفرة بشكل طبيعي في كل الأجناس في أي وقت، على أنه في بعض الحالات قد يسرع في الظهور كما اكتشف ذلك عالم من «فرقة الذباب» في كولومبيا– وهو هرمان ج. موللر.

وكان موللر متعلقاً بالعلم من طفولته. وعندما كان في السابعة اصطحبه أبوه إلى متحف التاريخ الطبيعي بنيويورك. وأثار اهتمامه عرض يوضح منشأ الخيل منذ العصور القديمة. ومن هنا بدأ تعلقه بعلم الوراثة.

وألتحق بكلية كولومبيا وهو في السادسة عشرة، ودرس على البروفسير مورجان. وعندما بلغ الثامنة والعشرين كان قد أحرز درجتين

علميتين. ثم التحق بجامعة تكساس، وكان يلقي المحاضرات ويجري البحوث العلمية.

وازداد شغفه بطرق الطفرة، وقرر أن يعرض ذباب الفاكهة لأشعة إكس، وكانت النتائج مذهلة؛ فبدلاً من ٤٠٠ طفرة حدثت في عدد من ذباب الفاكهو يقدر بعشرين مليون ذبابة حصل مولر على ١٥٠ ضعفاً من هذا العدد من الطفرات. ومن خلال الوقت الذي كان يربي فيه مجموعته من الذباب أمكن لموللر الحصول على جبل كامل من الأفراد الشواذ– كذوي الأجنحة المزدوجة أو العمى أو أي من الصفات الأخرى الغريبة.

ولا يمكن لمن لديه أي شك في حقيقة الجينات إلا أن يصدق وجودها؛ وذلك لأن عاملاً خاصاً– وهو أشعة إكس– أمكنه أن يغير طبيعتها. وهو دليل أيضاً على أن الطفرة يمكن أن تكون من صنع الإنسان.



اكتشف هرمان.ج. موللر من تجاربه على ذباب الفاكهة أن أشعة إكس تزيد معدل الطفرة.

ولكن ما سبب هذا التغيير؟ أهو كيموي؟ أم هو مجرد انتقال الجينات من أماكنها فيما بين الكروموسومات خلال العبور؟ لا أحد يعرف شيئاً عن ذلك حتى الآن. ولكن منذ ذلك اليوم لم يشك أحد في وجود الجينات.

وفي عام ١٩٢٧ أعلن البروفسير موللر عن اكتشافه الذي نال عنه فيما بعد جائزة نوبل. ومنذ ذلك الحين ازداد اهتمامه بالإشعاع، وذلك لأن جينات الإنسان بالكائنات الحية الأخرى لها حساسية خاصة نحو أشعة إكس كجينات ذباب الفاكهة. كما أنها تضار بدرجة كبيرة من إشعاعات الأسلحة النووية.

على أن الإشعاع يخدم الإنسان خدمة جليلة إذا أحسن استعماله. فأشعة إكس تبين لطبيب الأسنان الفجوات الموجودة بالأسنان، كما ترشد الطبيب إلى كسور العظام والأمراض التي يتعذر تشخيصها. ومن أنواع الإشعاع الأخرى مما يساعد الفلاح على تحسين محصولاته، وما يسدي للبحوث العلمية أجل الفوائد، وما يقلل من قوة تدمير الأورام السرطانية. على أن الإشعاع أداة يجب استعمالها بمنتهى الحذر.



الوراثة في التوائم

منذ تنبه الإنسان لمشكلة الوراثة، فإن موضوع التوائم بالذات كان أعظم مثير لاهتمامهم. وكان الناس ينظرون إلى ولادة التوائم نظرة غير عادية ويتطلبون لها تفسيراً خاصاً.

فقد تعتبر ولادة التوائم حظاً سعيداً للغاية، أو كارثة كبيرة، ويتوقف هذا على كونك من هنود بير أو من أفريقيا الوسطى.

فصديقك من بيرو يحدثك بأن التوائم لها تأثير سحري في الجو، فهي تجلب الأمطار عند القحط، وتهديء من ثورة العواصف المزمجرة.

غير أن الحال في الكونجو حتى عهد قريب ليس كذلك، فالأم التي تلد توأماً يتحاشاها كل من يعرفها، وقد لا يكلم أولادها أحد. بل يعتقد بعض القبائل أن المرأة التي تلد توأماً تجلب النحس لقومها، وهكذا تدفع الأم الثمن غالياً بالعار. وهي ملعونة من سحرة قومها وتلطخ وجهها بالرماد كلما غادرت منزلها.

والفلولكلور والعلم أمران مختلفان. وينظر الناس في وقتنا هذا إلى التوائم نظرة لا هي بالحسنة ولا هي بالسيئة وإنما نظرة إلى حادث طبيعي يأتي مرة في كل ٨٧ ولادة.

ويزيد عدد التوائم التي يصعب تمييزها بعضها عن بعض على ربع عدد التوائم جمعاء، ويسمى هذا النوع بالتوائم المتماثلة، وينشأ التوأم هنا من انقسام زوجي في بويضة مخصبة في مرحلة مبكرة. وهذه التوائم دائماً من جنس واحد، وذلك بسبب وجود نفس الطاقم من مجموعة الكروموسومات والجينات في كل منها.

ويمكن اعتبار الواحد التوأمين مرآة للآخر؛ بمعنى أنه إذا كان أحدهما أِول فإن الآخر لا يكون أشول، وإذا كان نمو شعر رأس أحدهما فس اتجاه عقرب الساعة يكون شعر الآخر ضد اتجاه عقرب الساعة.

غير أن جينات كل منهما متشابهة تماما، ودمهما من نفس الزمرة،

وأعينها من لون واحد، كما أن بصمات الأصابع واحدة، وغالباً ما تكون لهما نفس المواهب. وإذا كان لأحدهما موهبة موسيقية فلا تعجب أن يكون للآخر نفس الموهبة.

والأكثر شيوعاً من التوائم المتماثلة تلك المسماة «بالتوائم المتآخية»، وهي التي تنشأ من بويضتين منفصلتين لقحتا مصادفة في وقت واحد. وفي هذه الحالة يكون الشبة عادياً لا أكثر من تشابه بقية أفراد الأسرة. وغالباً ما يكونان مختلفين في الجنس.

ودراسة التوائم تفيد العلماء، إذ تتيح لهم أن يدرسوا كيف نتأثر بكل من الخبرة التي نكتسبها والجينات الخاصة بنا. وقد تتبع العلماء آلاف التوائم منذ كانوا في المهد.

وحتى التوائم اللذين تباعدوا منذ طفولتهم يتميزون بتشابههم أكثر مما يتميزون باختلافهم، ومهما تباينت درجات معيشتهم وتعليمهم فإن التوأم يشبه أخاه تماماً من الناحية الجسمانية. على أنه لا مكن اعتبار التوأمين متشابهين تماماً.

ولا يوجد شخصان متشابهان تماماً؛ لأنه لا يوجد اثنان مراً بنفس التجارب والبيئة، والجينات، وبمعنى آخر، فإن عواملنا الوراثية، هي التي تشكلنا بما نحن عليه. أما ما سنصبح عليه فإنه يتشكل بما يحدث لنا وما نفعله بمواهبنا، وبذا يكون الجدال التقليدي في أيهما أهم: الوراثة أم البيئة، مضيعة للوقت.

حقيقة أن الوراثة تفرض علينا بعض الصفات مثل بصمات الأصابع والتركيب الكيموي للدم، ولكن منذ اللحظة الأولى التي تبدأ فيها حياتنا في أجسام أمهاتنا حتى أنفاسنا الأخيرة، فإن خلايانا تتاثر بالخلايا التي حولها وبالعوامل الخارجية.

ولقد كانت هيلين وجلاديز توأمين شديدي التشابه، تيتمتا في الثانية من عمرهما، ولم تتقابلا حتى بلغتا الثامنة والعشرين. وخلال هذه المدة تبنت إحدى الأسر هيلين وألحقتها بالجامعة، وبعد تخرجها عملت بالتدريس وتزوجت وأصبحت لها أسرة.

أما جلاديز فكانت أقل حظاً. ولم تكد تتم السنة الثالثة في مدرستها حتى مرض الأب بالتبني، وكان على الأسرة أن تنتقل إلى منطقة جبلية بعيدة خالية من المدارس. وبعد مضى مدة عادت إلى منطقة مأهولة، ولكن الفرصة كانت قد فاتت لتتم تعليمها. وكانت جلاديز تقوم بمساعدة أسرتها بالمنزل حتى بلغت السابعة عشر حيث التحقت بائعة ثم كاتبة بإحدى الشركات حتى تزوجت.

وإذا استثنينا خبرة التعليم فقد كانت حياتهما متشابهة إلى حد كبير لدرجة أنه إذا عالجت إحدهما أسنانها عالجت الأخرى نفس الأسنان. على أن هيلين لم تكن صورة طبق الأصل من شقيقتها التوأم جلاديز. وكانت هيلين اجتماعية بحكم قضائها أربع سنوات بالجامعة، بعكس جلاديز التي كانت أقل جاذبية، ولم تكن اجتماعية كأختها، وكان خطها لاديئاً، ودرجة ذكائها في الاختبارات المدرسية ضعيفة. وواضح من كل

ذلك أن هاتين الشقيقتين التوأم كانتا مختلفتين بسبب اختلاف تجاربهما وليس بسبب الجينات.

لقد كانت دراسة التوائم ذات فائدة جليلة أيضاً في ميدان الطب، وذلك باستقصاء مصدر العيوب الوراثية والأمراض، وعندما يكون كل من التوأمين مصاباً بعمى الألوان يقال إنهما متناسقان في هذا النقص. «التناسق» فيي كل الصفات يحدث دائماً في التوائم المتماثلة أكثر مما يحدث في «التوائم المتآخية» كما أنه يحدث في التوائم المتآخية أكثر مما يحدث بين الإخوة العاديين، وذلك لأن كلا من الأخ التوأم قد يكون في الأم في وقت واحد.

ولا يعتبر إصابة التوأم المتمتثل بنفس المرض دليلاً على أن المرض وراثي. وهنا يجب اعتبار أن الوراثة شيء والبيئة شيء آخر. فالتجارب المتشابهة، لا الجينات المتشابهة، هي غالباً سبب اعتلال الصحة.

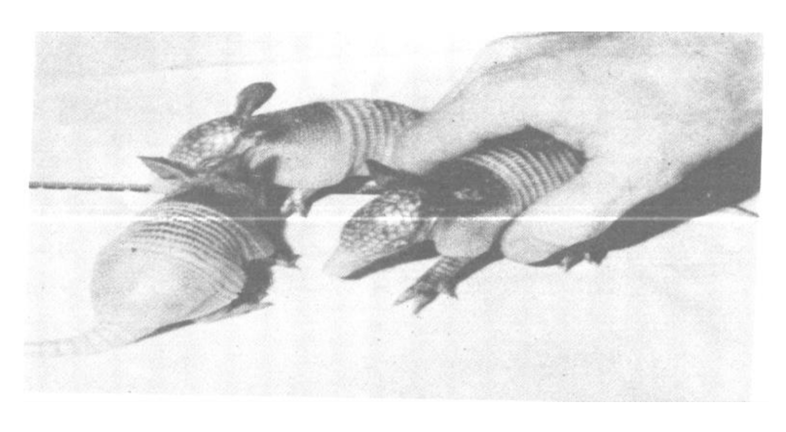
إن الصحة أو المرض غالباً ما ترجع إلى مدى استجابة أجسامنا إلى البيئة المحيطة بنا. وهذا التجاوب بدوره يتأثر بالجينات. وتلعب الجينات دوراً رئيسياً أو جزئياً في الأمراض حسب نوع المرض نفسه. ففي مرض سيولة الدم مثلا تكون الجينات هي المسئولة، في حين يسبب سوء التغذية الهزال مهما تكن الجينات.

ومن المعروف أن الناس يختلف بعضهم عن بعض في رد الفعل الذي تحدثه العوامل الضارة بالصحة الت تحيط بهم. وهناك اعتقاد

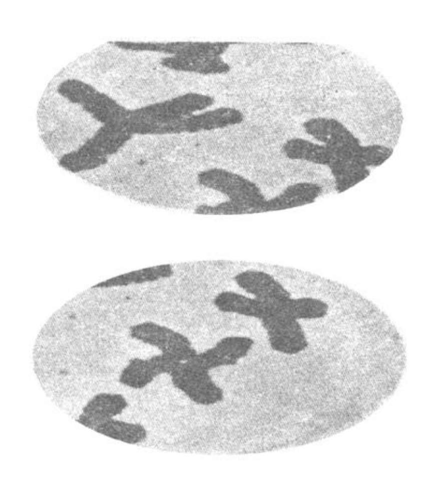
متزايد أن هذا يعود إلى اختلاف الجينات التي يحملونها.

وتعتبر التوائم الثلاثية والرباعية والخماسية وحتى السداسية أموراً طبيعية تحدث من آن لآخر. وكلما زاد عدد التوائم ندر حدوثه في الولادة الواحدة. فبينما تكون نسبة التوائم الثلاثية مرة لكل ٧٥٦٩ ولادة فإن التوائم السداسية تأتي مرة في ٥,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ولادة.ومعظم التوائم الثلاثية والأخرى عديدة التوائم خليط من التوائم المتماثلة والأخرى المتآخية.

وما ينطبق على الإنسان ينطبق أيضاً على مجموعة المملكة الحيوانية، على أن التوائم العديدة أكثر شيوعاً ف الحيوانات الدنيئة. وهنا تكون التوائم من نوع «المتأخية». والتوائم «المتشابهة» نادرة الحدوث في الطبيعة باستثناء أنثى حيوان الأرماديلو ولا يتفوق عليها من الأمهات الآدميات سوى القليل. ففي كل ولادة لأنثى ذلك الحيوان تولد أربعة توائم، وكلها تأتي من بيضة واحدة.



يثير الأرماديلو اهتمام العلماء لأن عدد مواليده دائماً أربعة وكلها من بيضة واحدة.



الوراثة والتطور

أنت هو أنت، لأن مجموعة خاصة من الجينات التي توارثتها عن أبويك قد تشكلت بمجموعة معينة من الظروف.

وأنا هو أنا لنفس السبب.

وكذلك الحال في كلب الجيران، والزهرة المزدهرة في البستان، والطائر المحلق في الجو.

أو بمعنى آخر فإن كل واحد منا فريد في نوعه، إذ أن مجموعة جيناته الخاصة به لن تعود ثانية، ولن تواجه نفس ظروفه.

ومن جهى أخرى ليست هذه الأمثلة التي ذكرناها فريدة في نوعها، ولكن كلا منها فرد في المجموعة، وتتكون المجموعات من الناس أو الكلاب أو الأزهار أو الطيور. وعلم الوراثة يبحث أكثر ما يبحث في

روابط وتاريخ المجموعات، كما يبحث في روابط وتاريخ الفرد؛ إذ أن الصلة بينهما وثيقة.

وقد اعتاد الناس الاعتقاد بأن جميع الكائنات الحية كانت دائماً بالشكل التي هي عليه الآن. واعتقدوا أيضاً أن كل مخلوق هيىء لأن يكون مستقلاً، وأن يشق طريقه في الحياة، وإن عهد ذلك ليس ببعيد جداً– ٦٠٠٠ سنة على الأكثر. واستمرت هذه المعتقدات حتى القرن التاسع عشر.

على أنه منذ القرن السابع عشر كان هناك شك في تلك المعتقدات، وكان العالم الإنجليزي جون راي يعتقد أنه كانت هناك أنواع من الحياة اختفت من عالمنا هذا، وانبثق هذا الاعتقاد بعد دراسته للحفريات وآثار النبات والحيوان المحفوظة خلال الصخور. وكان يتساءل عما إذا كانت تلك الحفريات تمثل سلالات معينة، ولكنه وجد أنه لا مثيل لها في عالم الأحياء وقتئذ.

وفي القرن التالي حصل إنجليزي آخر وهو ولي سميث على معلومات أكثر عن تلك الحفريات، وكان يستأجر أرضاً لشق قناة. وعندما حفرت القناة لاحظ أن الصخور على جانبيها كانت مقسمة إلى طبقات، وأن كل طبقة تحتوي على أنواع معينة من الحفريات. وكان مما أثار سميث تدرج تلك الحفريات من بسيطة إلى مركبة. وكلما زاد عمق طبقة الصخور ذادت بدائية الحفريات وأمكن بذلك تقدير عمر الحفريات حسب أماكنها في طبقات الصخور.

وأمكن للعلماء فيما بعد تحديد عصورها حيث كان قد أصبح من المعروف أن عمر الأرض أكبر بكثير مما كان مقدراً لها– ربما من ثلاثة إلى عشرة بلايين من السنين.

وفي نفس الوقت بدأ علماء التاريخ الطبيعي يتساءلون عما إذا كان كل نوع من الكائنات قد خلق مستقلاً ليحيا بطريقته الخاصة.

وكان الفرنسي الكونت بافون أول المتشككين وكان يتساءل: «إذا كان كل نوع من الكائنات قد خلق مستقلاً فلماذا تتشابه عظام يد السلحفاة وجناح الخفاش وأرجل الكلب وجهاز الحفر في حيوان الخلد تشابهاً كبيراً؟ واحد يسبح وواحد يطير وواحد يجري وواحد يحفر. وكلها تعيش بطرث مختلفة كل الاختلاف؟».

وعلاوة على ذلك فإن بعض الكائنات تحمل صفات لا فائدة فيها لها، كما لاحظ بافون ذلك في الخنازير بصفة خاصة، فللخنزير أربع أصابع في كل قدم، ولكنه يسير جيداً على إصبعين منها فقط. أما الإصبعان الأخيرتان فلا تلمسان الأرض.

ولم يفكر بافون في أن هذه الأصابع التي لا فائدة فيها قد خلقت خصيصاً للخنزير، واعتقد أنها ورثت من أحداد تكامل فيها نمو الأصابع الأربع، وانتهى إلى استنتاج أن الحيوانات التي تتشابه أرجلها وتختلف في أشياء أخرى لا بد أنها توارثت تكوين تلك الأرجل من أجداد مشتركة. فإذا اختلفت الحيوانات المتشابهة فإنما يرجع ذلك إلى أنها عاشت في

أماكن مختلفة وتحت ظروف متباينة. ثم انكمشت هذه الاختلافات تدريجياً خلال الأجيال ذات التغير الوراثي.

وقد تألقت قبل بافون وبعده هذه الفكرة التي نسميها الآن بنظرية النشوء والتطور في أذهان علماء التاريخ الطبيعي. ولكن لم يتمكن أحد منهم، بما فيهم بافون، أن يفسر كيفية حدوث النشوء والتطور. وحتى هؤلاء الذين كانت نظرياتهم أقرب إلى الحقيقة لم يأتوا بالبيئة التي توضح لنا تلك الظاهرة. بل كثيراً ما جاءت أفكارهم مخيبة للآمال.

في ٢٧ من ديسمبر سنة ١٨٣١ أبحرت سفينة ذات ثلاثة أشرعة من أحد المواني، بالقرب من بليموث بإنجلترا في رحلة استكشافية متجهة إلى أمريكا الجنوبية، وكان اسم السفينة هـ. م. س بيجل، وأبحر معها شاب حديث التخرج من جامعة كامبردج في سن الثامنة والعشرين. هذا الشاب كان تشالز داروين، وقد ذهب في مغامرة كانت في أعظم الاكتشافات حتى الآن.

وكما فعل من قبله روبرت بروان فإن داروين أمضى مدة تمرينه في خدمة العلم كعالم من علماء الطبيعة في تلك السفينة. ولم تكن له دراية أو خبرة سابقة بالعلم، ولم يكن من المتفوقين في دراسته فضلا عن أن دوار البحر كان يضايقه كثيراً.

وكان داروين يدرس الطب بجامعة أدنبره بأسكتلندا. ولم يكن التخدير معروفاً في ذلك الوقت، وكانت آلام المرضى في العمليات

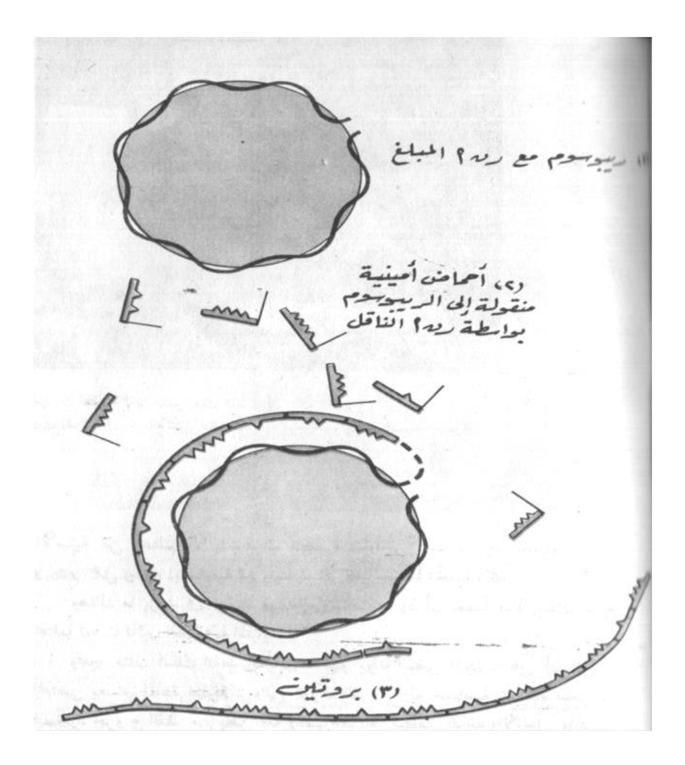
الجراحية فوق ما تتحمل أعصاب داروين، فاضطر إلى هجر الطب مما سبب تعاسة شديدة لوالده الطبيب.

وكان عليه بصفته من أبناء الطبقة العالية أن يختار بين اللاهوت والقانون. وكان الأول أكثر إغراء له فأرسل على عجل إلى كامبردج ليهيأ لهذا العمل. وهناك عقد أواصر الصداقة مع جون ستيفنز هنسلو أستاذ النبات وآدم سد جويك أستاذ الجيولوجيا، وقد عمل الاثنان معاً على إشباع رغبته في العلم. وكانت نتيجة ذلك أن قضى داروين معظم وقته هارج المنزل بدلا من دراسة اللاهوت. وعندما عرضت على هنسلة وظيفة على السفينة لم يقبلها وعرضها على داروين.



شارلس داروين

وتبلغ ذرات الإنسولين في الجزيئات البروتينية ٧٧٧ ذرة. وقد استغرقت بحوث سانجر ومعاونيه سبع سنوات من العمل المضني ليحيطوا بمعرفة الإنسولين ومكان كل حمض أميني في عينة البروتين. وثبت أن هذا الهورمون هو جزيء من ٥١ حمضاً أمينياً في سلسلتين مترابطتين. وكان عمل تسلسل هذه الأحماض

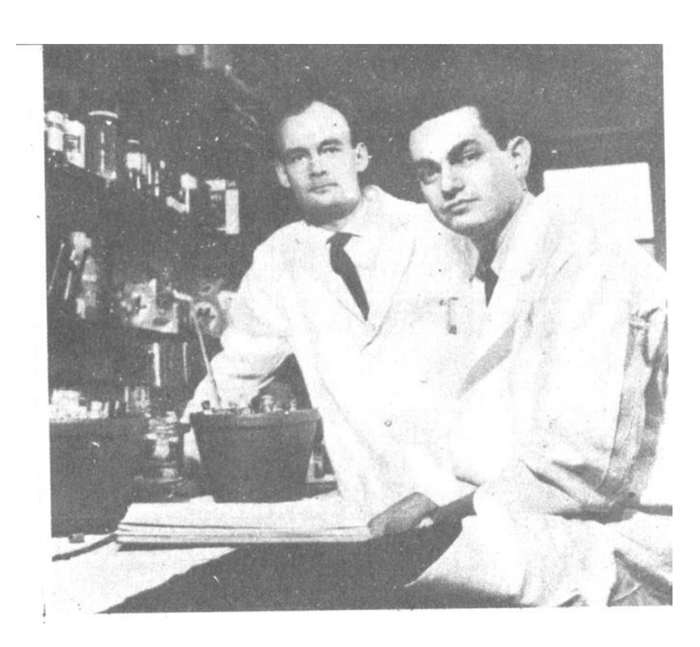


صورة تبين كيف تتجمع البروتينات

(١) ر ن أ المبلغ يحمل التعليمات إلى الريبوسوم.

(٢) يلتقط كل نوع من ر ن أ الناقل نوعاً واحداً من الأحماض الأمينية، وينقلها إلى مكان خاص في الريبوسوم حيث يلتئم الحمض الأميني مع ر ن أ المبلغ.

(٣) وعندما تستقر كل الأحماض الأمينية في أماكنها يصبح البروتين متكاملاً ويطرد الريبوسوم (هذه صورة مبسطة لعملية معقدة غير معروفة تماماً بعد).



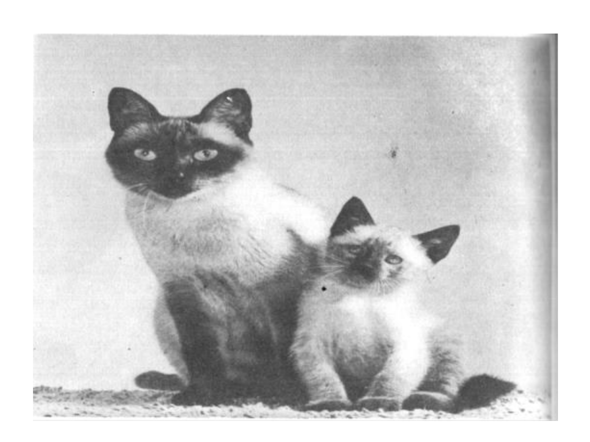
من بين العلماء الذين قاموا بفك الرموز الوراثية الدكتور ج. هنر يش مائيي الذي يؤى إلى اليسار، والدكتور مارشال نيرنبرج بالمعهد القومي للصحة العامة.

الأمينية من أعظم الاكتشافات العلمية، وأحرز بها سانجر جائزة نوبل. ويعتبر عمل رسوم إيضاحية للبروينات الأكبر حجماً تحديداً أكبر.

وهناك ما يزيد في تعقيد هم البروتينات، إذ أن بعضاً منها يسلك سلوكاً مختلفاً تحت تأثير الظروف المتباينة.

وخير مثال لذلك القطط السيامي، فهو يولد أبيض اللون، غير أن الإنزيم المختص بصنع المادة الملونة، والتي تلون الفرو، له حساسية شديدة للحرارة. فبمجرد خروج القط من بطن أمه ودفنها تصبح منطقة الوجه والأرجل والمخالب والذل أبرد قليلاً من باقي الجسم. وهنا يستجيب الإنزيم فيصنع مادة ملونة قائمة في هذه المناطق. وهذا هو سر

اللون الداكن الذي يبدأ في الظهور على القطيطات بعد أسبوع أو أسبوعين من ولادتها.



كلما تقدمت القط السامية في السن زاد لون مخالبها وذيلها ووجهها اسمراراً بسبب حساسية الإنزيم المختص– بصنع المادة الملونة للفرو– للحرارة.

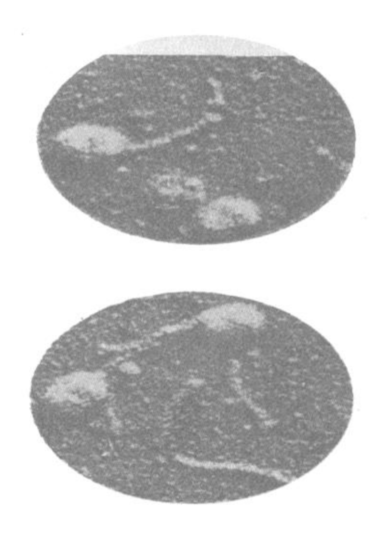
أما الأجزاء ذات اللون الفاتح في هذه القطط فإنها سرعان ما تتحول إلى اللون الداكن إذا تعرضت لبرودة الجو فترة طويلة. وإذا تصادف وضع إحدى أرجل القط المكسورة في جبيرة فإنها تأخذ لوناً فاتحاً بصفة مؤقتة حتى تزال الجبيرة.

في هذه الحالة زودت الوراثة هذه القطط ببروتين يتجاوب بطريقتين. وفي الواقع لم يتغير البروتين أو أحماض النيوكلييك التي تحكمه، والذي تغير هو درجة الحرارة في خلايا الفرو.

وهكذا الحال في الصفات العديدة التي يلعب فيها البروتين دوراً. فالتعرض الشديد لأشعة الشمس يغير لون الجلد. كما أن التغذية الضعيفة

قد تؤثر في طول الفرو.

وتعتبر مثل هذه الصفات مكتسبة من البيئة. وما لم تكن هناك طفرة فإن الجينات وأحماض النيوكلييك الخاصة بها تظل ثابتة.



الفيروسات والوراثة

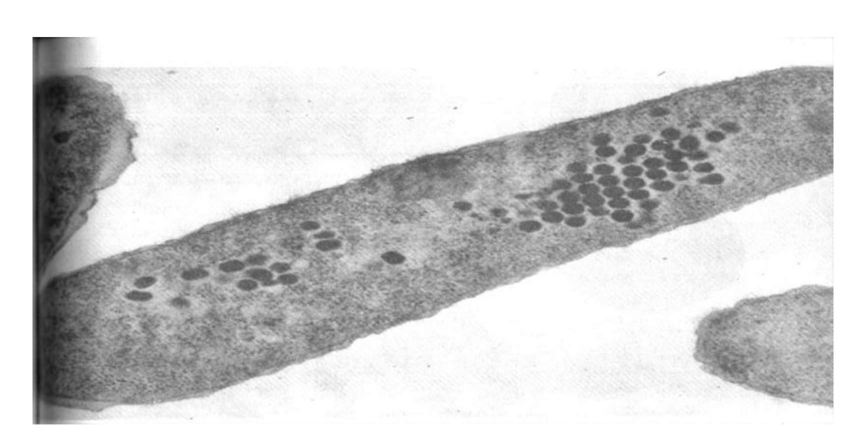
أثارت الكائنات– التي يعدها العلماء لا هي بالحية ولا هي بالميتة وإنما بين بين– أسئلة محيرة للغاية في عالم الوراثة.

وهذه الكائنات هي الفيروسات التي لا يمكن رؤيتها إلا بالميكروسكوب الإلكتروني لصغرها المتناهي. وباستعمال الإليكرونات بدلاً من الموجات الخفيفة أمكن تكبير الأشياء بهذا الميكروسكوب إلى ٣٠٠,٠٠٠ مرة.

وتسبب الفيروسات أمراضاً كثيرة في الإنسان والحيوان والنبات، بل

حتى في البكتيريا. فلا غرز أن كان معنى فيروس في اللغة اللاتينية هو : «السم».

وللفيروسات أهمية في دراسة الوراثة لأنها تحتوي على جينات– وتسلك سلوك الكروموسوات. ويعتقد العلماء أن دراستها لا تزودنا بمعلومات أكثر حول الوراثة فحسب، بل تهييء لنا فرصة أكبر في مكافحة المرض وعلاجه.



تكاثر الفيروسات في خلية حية. وفي هذه الصورة المأخوذة عن ميكروسكوب إلكتروني تظهر الفيروسات مكبرة ٦٠,٠٠٠ مرة.

وفي الواقع فإن الفيروسات تهم علماء الوراثة كما كان نبات البازلاء يهم مندل وذباب الفاكهة بالنسبة لمورجان.

والفيروسات وحدها عديمة الضرر، ويمكن أن تبقى قروناً خالية من الحياة كجسيم هبابي أو ذرة من الرمال.

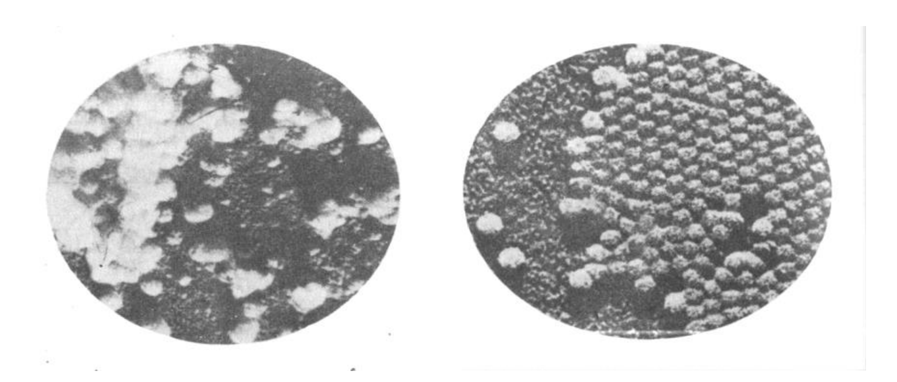
ولكن عندما يتغلغل الفيروس داخل خلية حية فإنه يحرمها من

مواردها، وعندئذ يجعل الخلية طوع أمره. وفي خلال ساعات تتوقف الخلايا عن أخذ احتياجاتها بسبب تكون آلاف من الفيروسات الجديدة. ويحتل كل فيروس جديد خلايا أخرى.

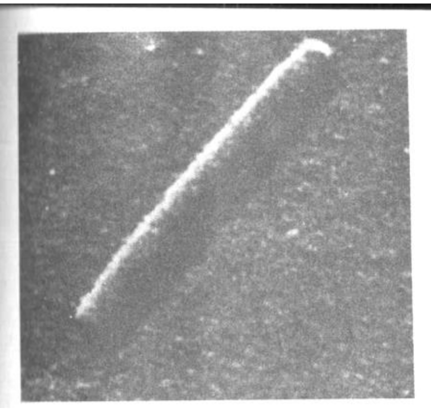
وتسمى حالة الغزو التدريجي للخلايا بالعدوى. وما لم تتغلب الخلايا على تلك العدوى فإن مصيرها الموت.

ومن حسن الحظ فإن التلف الذي تسببه الفيروسات كثيراً ما يكون مؤقتاً، إذ أن معظم الكائنات الحية لها من الوسائل ما يمكنها من قهرها.

وتعرف الفيروسات باسم المرض الذي يحدثه، وذلك لكثرة ما تسببه من أمراض. ومن أمثلة ذلك شلل الأطفال والحصبة والغدة النكفية ونزلات البرد. كما أن فيروسات النبات شديدة الإتلاف؛ إذ تسبب خسائر فادحة تقدر بملايين الجنيها سنوياً، إذ تصيب محصولات الدخان والطماطم والجزر والكرفس والخس وغيرها من النباتات.



إلى أعلى– فيروس الأنفلونزا مكبراً ٣٠,٠٠٠ مرة والصورة اليمنى فيروس شلل الأطفال مكبراً ١٦٠,٠٠٠ مرة.

الصورة اليسرى– فيروس مرض الدخان. وفي الصورة اليمنى المأخوذة من ميكروسكوب إلكتروني خاص نرى الفيروس، وقد تجرد جزئياً من الطبقة البروتينية المحيطة به.

وكان أول من عرف مقدرة الفيروسات على مهاجمة الخلايا هولندي يدعى مارتيينوس وليم بيبرنك، وذلك عام ١٨٩٨ وقد اعتبر تلك الفيروسات «كائنات حية وبائية على شكل سائل». أما الآن فنعرف أنها أجسام صغيرة تتحرك عن طريق تحرك الذرات في السوائل.

وبقي تركيب الفيروسات مجهولا لمدة طويلة حتى عام ١٩٣٠ عندما أخذ عالم أمريكي يدعى وندل ستانلي في طحتن طن من الدخان المصاب بفيروس مرض الدخان لإجراء بحوثه عليه. وكانت أوراقه مبرقشة ومنتفخة وبعد إجراء سلسلة طويلة من البحوث أمكن ستانلي أن يثبت أن الفيروس المسبب للمرض يكاد يكون بروتينتً صرفاً، وعلى ذلك فاز بجائزة نوبل، ومن المعروف الآن أن كل الفيروسات تحتوي على بروتين.

وفي عام ١٩٣٧ وجد أن الفيروسات تحتوي على أشياء أخرى

فقد وجد بها حمض النيوكلييك– إما د ن أ، أو ر ن أ– وذلك حسب نوع الفيروس.

ويحيط البروتين بالفيروس كرداء واق. يخلع عند دخول الفيروس الخلية. وعندما يتهيأ للعمل فإن حمض النيوكلييك يشبه إلى حد كبير الكروموسوم– مجموعة من جينات. وهكذا يكون مع الخلية. ويستطيع الفيروس بطرق لم نصل بعد إلى معرفتها أن يصير جزءاً من جهاز الخلية الوراثي ويرغمها على تكوين فيروسات جديدة.

وأثناء هذه العملية تصنع أشكال عديدة من كل من الرداء البروتيني وحمض النيوكلييك ولا تكون كلها سليمة. ففي كل ١٠,٠٠٠ مرة تقريبا يحدث خطأ خلال تكرار العملية يؤدي إلى طفرة، وينتقل هذا الخطأ إلى الفيروسات المتتابعة. فالفيروسات لها قدرة على التغير كالنبات والحيوان سواء. ولكن لا يحدث هذا التغير إلا في حالة وجودها داخل الخلية الحية.

والطفرة ليست الوسيلة الوحيدة لتغير الفيروسات، إذ يمكنها التغير بتبادل الجينات الذي هو شكل بدائي للتكاثر الجنسي. وفي بعض الأحيان يهاجم نوعان من الفيروسات نفس الميكروب. وإذا حدث ذلك فإن هذه الفيروسات تتبادل حمض النيوكلييك. وتكتسب الأجيال التالية من الفيروسات بعض الصفات من كل أب، وكذلك الأجيال التي تأتي من بعدها.

وتوضح لنا هذه التغيرات لماذا كان فاكسين الإنفلونزا غير فعال في وقايتنا من هذا المرض؛ إذ أن التحصين الذي كان سيمدنا به هذا الفاكسين إنما كان ضد فيروس ذي نوع خاص في ردائه البروتيني. فإذا تغير التركيب الكيماوي لهذا الرداء فإن التحصين لا يمنع السلالة الجديدة من فيروس الإنفلونزا من مهاجمة خلايا أجسامنا. أي إن السلالة من هذا الفيروس التي كان من المفروض هلاكها يمكنها أن تبقى.

على أن التغير في الفيروسات ليس دائماً بالشيء الضار لنا. وقد تمكن العلماء من استخدام مواد كيموية لإحداث الطفرة في بعض الفيروسات فتصبح أقل ضرراً لنا مما كانت عليه، ومن أمثلة ذلك الفيروس المستعمل في اللقاح الحي لمرض شلل الأطفال.

لقد أسهبنا في الحديث عن بعض الفيروسات التي تهاجم الخلايا، ومن ثم تقضي عليها. غير أن هناك أنواعاً أخرى من الفيروسات إذا دخلت خلية تغيرها وتتلفها ثم ترغمها على إنتاج مثيلات لها. ويعتقد العلماء أن هذا الإتلاف هو نتيجة إتلاف لأجهزة الخلايا التي تتحكم في تكاثرها أو نموها، ويشمل هذا الإتلاف على الأرجح حمض النيوكلييك في كل من الفيروس والخلايا.

وتستمر عملية إنتاج الخلايا المماثلة فتسبب هذه الفيروسات السرطان الذي ما هو إلا نتيجة خلل كبير في الخلايا. وبعبارة أدق يعتقد العلماء أن هذه الفيروسات تسبب بعض أنواع السرطان، وقد تسبب أنواعاً أخرى.

وهناك فيروس يسبب سرطان الدواجن. وعند حقن خلاصة منها من دجاجة مريضة إلى أخرى سليمة ينتقل المرض. وهناك أنواع أخرى من سرطان الفيروسات في الكلاب والضفادع والفئران والغزال وغيرها من الحيوانات.

ولم يمكن الاهتداء حتى الآن إلى الفيروس الذي يسبب سرطان الإنسان، ويعتقد العلماء أنه يبدو منطقياً أن الفيروسات تسبب على الأقل بعض أنواع سرطان الإنسان.

والمعتقد حالياً أن د ن أ في الفيروس، وليس الرداء البروتيني هو المسئول عن هذا المرض. وقد ثبت ذلك من التجارب التي أجريت عام ١٩٦٠ بمعهد الصحة القومي بمدينة بشسدا بولاية ماريلاند.

وفي هذه التجارب أخذت كمية من الفيروس من فأر مريض بسرطان الدم وفصلت مادة د ن أ من الرداء البروتيني، ثم وضعت في أنابيب اختبار بها أنسجة حيوانية «وشوربة مغذية». زعند حقن المادة المحتوية على هذا الفيروس في أنواع عديدة من الحيوانات كانت النتيجة تكوين حوالي ١٢ نوعاً مختلفاً من الأورام السرطانية. كما أصيبت بها مجموعة كاملة من فئران الهامستر المحقونة، وذلك خلال ١٨ يوماً.

وأثبتت اتجارب التي أجريت بمعهد يلون– كترنج لبحوث السرطان بنيويورك أن مادة د ن أ المستخرجة من فيروس بدون رداء بروتيني يمكن أن تكون معدية تنقل السرطان من خلية لأخرى.

ثم ماذا يحدث لو انعكست العملية؟ لماذا لا تعالج خلايا سرطانية بمادة د ن أ مضادة أو فيروس مضاد كي يموت السرطان أو تعود الخلايا سليمة؟ ويقوم العلماء ببحوث لإمكان تحقيق تلك الاحتمالات.

وقد تم صنع بعض العقاقير التي يشابه تركيبها حمض النيوكلييكلمنع الخلايا السرطانية من الانقسام العادي أو صنع بروتينات. وجاءت النتائج مشجعة للغاية ولو أن نجاحها كان جزئياً، إذ أن الخلايا السرطانية يمكنها أن تكتسب مناعة ضد العقاقير كما هي الحال في الميكروبات.

ومن حسن الحظ أن هذه العقاقير ما هي إلا سلاح من الأسلحة العديدة في مكافحة السرطان. فإن أخفقت بعضها نجحت الأخرى. وبرغم أن السرطان يعتبر من أخطر الأمراض فإنه ليس من الضروري أن يكون قاتلاً، إذ أن نسبة الشفاء منه حالياً تعتبر أعلى مما كانت عليه من قبل.





الجينات والكروموسومات النقيصة

معظم الأمراض المعروفة لنا جيداً سببها عدوى ميكروبية. فالسل والسعال الديكي وحتى نزلات البرد العادية سببها الميكروبات أو الفيروسات التي تهاجم أجسامنا. فإذا ما تغلبنا عليها كان الشفاء.

غير أن بعض الأمراض الأخرى كمرض سيولة الدم والبول السكري لا تسببها ميكروبات أو فيروسات، وإنما تسببها جينات مريضة كما سبق أن ذكرنا.

وكان أول من اكتشف ذلك طبيب إنجليزي هو السير أرشيبولد جارود عام ١٩٠٩. وكان من أشد المعجبين بنظرية مندل. وكان من بين مرضاه بعض من أصيبوا بمرض نادر فتحول بولهم إلى اللون الأسود.

واشتبه الطبيب في أن سبب هذا المرض نقص في أحد الإنزيمات اللازمة للاستفادة بأحد الأحماض الأمينية في البروتينات. وظهرت المادة الملونة في بولهم لأن أجسامهم لم تتمكن من هدم هذه المادة والتخلص منها. وتساقطت على جارود فكرة أن سبب العجز في الإنزيم المطلوب إنما يرجع إلى خطأ موروث في التحول الغذائي. ونسب ذلك إلى أحد الجينات المتنحية.

غير أن جارود كان يسبق زمانه كثيراً. إذ كان عهده قبل اكتشاف دور مادة د ن أ في تحديد الوراثة وتجميع البروتينات بوقت طويل. بل لم يكن يعرف وقتئذ أن الإنزيمات هي بروتينات. ولم تثبت الفكرة بأن هذه الجزيئات الجبارة تقع تحت سيطرة الجينات إلا عام ١٩٤١.

ثم جاء عالمان أمريكيان هما جورج و. بيدل أستاذ علم الأحياء بجامعة ستانفورد– وإدوارد ل. تاتوم إخصائي الكيمياء الحيوية وعكفا على دراسة الجينات وكيف تعمل. واختارا لذلك أحد الكائنات التي تحمل كلا من الجينات والإنزيمات ولكنها أبسط من ذباب الفاكهة، وكان هذا الكائن فطراً يعيش على المواد المتعفنة الرطبة وهو عفن الخبز الأحمر المسمى نيورسبورا.

وتتكاثر النيوروسبورا بطريقتين: أحياناً بالتكاثر اللاجنسي بانقسام الخلايا المعتاد. وأحياناً بالتكاثر الجنسي، وذلك باتحاد خليتين تقابلان البويضة والمنية العاديتين.

وقد جعلت هذه الصفات من عفن الخبز الأحمر مادة نموذجية لإجراء التجارب التي صمم بيدل وتاتوم على القيام بها؛ إذ أنه يعطيها الفرصة لمعرفة كيف تقوم الجينات بعملها في كل من حالتي التكاثر اللاجنسي والجنسي.

وبساتعمال أشعة إكس قاما بشحن الفطر المتكاثر بالطريقتين بحيث يتعرض قليل من الجينات في وقت عين للشحة. وكانت النتيجة أن الفطر لم يتمكن من صنع المواد التي تلزم لاستمرار العمليات الكيموية داخل الخلايا. كما لم يتمكن الفطر من النمو أو التكاثر على غذائه الطبيعي.

وكان عليهما الآن استقصاء المواد الناقصة بالفطر بسبب تلف الجين أو الجينات. وأضاف بيدل وتاتوم مواد عديدة لغذاء الفطر مل مادة على حدة وأخيراً اهتديا إلى أن فيتامين ب ٦ هو المسئول عن هذا النقص.

وقد تكون النقص في الفطر بسبب عدم وجود الإنزيم الذي يصنع هذا الفيتامين. كما أن الفطر بدأ في النمو بمجرد حصوله على هذا الفيتامين.

وقد أنقذ بيدل وتاتوم حياة الفطر بإعطائه مزيداً من الفيتامين الناقص في غذائه ثم جعلا الفطر يتكاثر مع فطر آخر عادي. وعندما ظهر النقص في نفس الفيتامين في بعض الأجيال الجديدة وجدا أنهما

اهتديا إلى ما كانا يبحثان عنه. فإن العجز الذي أوجده باستعمال أشعة إكس يمكن أن يتنقل من جيل إلى آخر كصبغة متنحية.

وهكذا قبت أخيراً أن الجينات تحكم الخائر وكيمياء البروتين وأن كل إنزيم أو بروتين يحكمه جين منفصل. وقد فاز بيدل وتاتوم بجائزة نوبل مثلما فاز بها العديد من العلماء الذين قاموا بأعمال رائدة.

وكان من الواضح أن أعمالهما كانت ذات أثر هام للإنسان كما كانت للفطر، إذ ساعدتنا في معرفة ماذا يحدث لأجسامنا عندما تسبب الجينات الناقصة بروتينات ناقصة.

وهناك أشخاص ممن يطلق عليهم «أعداء الشمس» ذوو شعر أبيض وعيون باهتة للغاية. وهذه الحالة موجودة أيضاً في الفيران والأرانب الماهقة. وسبب هذه الصفات التي يحملونها جين نقيص يسبب نقصاً إنزيمياً وعجزاً في المادة الملونة للشعر والأعين والجلد.

وتضيع أنواع كثيرة من البروتينات بسبب الجينات النقيصة أو عدم وجودها مما يسبب المرض في بعض الأحيان. وذلك لأن الإنزيمات والبروتينات الأخرى يعمل الواحد تلو الآخر بترتيب خاص. وفي حالة عدم وجود أحد الجينات أو النقص في تركيبه فإنه غالباً ما تتوقف الخطوة التالية في سلسلة التفاعلات الكيموية.

وكما كان يعتقد الدكتور جارود فإن سبب مرض البول الأسود هو انعدام أحد الإنزيمات، وكذلك الحال في بعض أنواع النقص العقلي

وأمراض عديدة أخرى تحدث نتيجة فرصة اجتماع صفات متنحية وراثية. وربما يختلف المصابون بهذه الأمراض عن زملائهم الأصحاء بجين وحد فقط.

وهذا هو الشأن في المصابين بمرض يسمى الفافزم (Favism) الذي ينتشر في إيطاليا واليونان، وهؤلاء المرضى مصابون بنقص في أحد الإنزيمات التي تهض بروتينات فول الفافا (Fava) وهو من الخضروات المنتشرة في منطقة البحر المتوسط والذي اشتق منه اسم المرض. فإذا تناولوا هذا الفول فإن كرات الدم الحمراء تصاب بتلف كبير وينتج عن ذلك أنيميا شديدة، كما قد تحدث تلك الحالة من تناول عقاقير معينة.



طبيبان باحثان يأخذان عينة دم من أذن طفل لمعرفة ما إذا كان مصاباً بمرض ويلسون. وبسبب النقص التركيبي في أحد الجينات، يتسمم المرضى به بالكميات الضئيلة جداً من النحاس الموجودة عادياً بالطعام. ويعالج المرضى بالعقاقير وغذاء خاص. (صورة عن وارمان نيويورك).

وهناك مرض آخر من أمراض الدم وهو مرض «أنيميا الخلايا الهلالية» يسببه جين نقيص، وهو منتشر بكثير بين الزنوج وبخاصة زنوج أفريقيا ويتسبب عنه تغييرات غير عادية في شكل كرات الدم الحمراء. وليس المسئول عن هذا المرض نقصاً بروتينياً، بل تغيراً في البروتين. فالمرض يؤثر في جزيئات كرات الدم الحمراء والهيموجلوبين الحامل للأوكسيجين. ونجد أن أحد أحماضه الأمينية من بين عدة مئات منها غير سليم تماماً.

ويمكن لهذه الأحماض الأمينية النقصية أن تسبب بعض أمراض الدم الأخرى، ويتوقف ذلك على الأمكنة المصابة في جزيئات البروتين. ويرجح أن يكون السبب هو الجين الموجه ومادة د ن أ.

ومما يلفت النظر في مرض أنيميا الخلايا الهلالية أن المرضى المصابين به لديهم مقاومة ضد الملاريا كما هو مشاهد في أجزاء عديدة من أفريقيا، ولذا يمكننا أن نعده نعمة مستترة.

وفي بعض الأحيان تتسبب بعض المشكلات الصحية من الكروموسوم بأكمله، وليس من جين واحد أو حمض أميني. وهذا ما قد يحدث أثناء تكون خلايا البويضة عندما تعجز الكروموسومات عن الانفصال أثناء الانقسام الاختزالي. وتكون النتيجة أن إحدى الخلايا في الانقسام التالي تحمل «كروموسوماً» إضافياً، أما الأخرى فتحمل أقل. وفي حالة إخصاب مثل هذه البويضة واستمرار الانقسام بها فإن الجين يستمر إلى أن يولد الطفل بكروموسومات أكثر أو أقل. على أنه يندر أن

ينمو هذا المولود إلى سن البلوغ.

وبرغم قصورنا عن معرفة كيفية تصحيح الجينات النقيصة فإن الطب قد أحرز بعض النجاح في الحد من العذاب الذي تسببه. ومن أمثلة ذلك مرض السكر لتعدد الإصابة به بين العائلات. وكان هذا المرض فيما مضى مميتاً. غير أنه يعالج الآن بنجاح بواسطة هورمون الإنسولين وأصبح المرضى به يحيون حياة طبيعية.

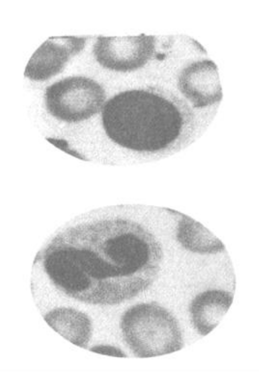
ومن الطبيعي أن مكمن هذا المرض هو مادة د ن أ ولا يمكن للإنسولين أن يغيرها ولكنه يعوض معظم التلف الناشيء.

وحتى بعض أنواع الخلل العقلي أصبحت أقل خطورة مما كانت عليه من قبل. فإن بعض هذه الأنواع يتسبب من عجز الطفل عن الاستفادة من بعض المواد الغذائية الموجودة بالطعام، والمسئول عن ذلك أحد الإنزيمات غير المتكاملة أو الناقصة بالجسم، ومن ثم فإن اختبارات الكشف عن مصدر المرض أصبحت أمراً روتينياً في مستشفيات الأطفال. فإذا ما اكتشف هذا النقص مبكراً فيمكن للطبيب أن يصف غذاء يستبعد منه المواد التي لا يمكن هضمها. وبذا يمكن للطفل الذي كان سيصبح مختل العقل أن ينمو طبيعياً وتكون درجة ذكائه طبيعية أيضاً.

وفي الوقت نفسه فإن أحد علماء الأحياء في أوريجون نجح في إحداث طفرة في ذباب فاكهة مماثلة من الناحية الكيموية للعجز الوراثي

الذي يؤدي إلضعف عقلي. وقد تساعد دراسة الذباب الذي استحدثت فيه هذه الطفرة في معرفة طرق استئصال هذه الأمراض.

ويتطلع العلماء إلى الوقت الذي يصبح فيه ممكناً معالجة الأخطاء الموروثة في التحول الغذائي حيث تبدأ في أحماض النيوكلييك. فإذا تم ذلك كان النصر حليفنا في معركة الجينات النقيصة.



الحاجز المناعي

تعتبر مادة د ن أ جزيئاً يقوم بوظائف عديدة. ولأنها توجه بناء البروتينات فإنها تتحكم في كل ما يتعلق بالخلية وما تقوم به من أعمال.

ومن بين ما تقوم به الخلايا أنها تميز ما تصنعه من مواد (أو ما تصنعه خلايا أخرى بالجسم) عن المواد التي تصنعها الكائنات الأخرى. ويرجح العلماء الآن أن ذلك ممكن بوساطة حمض النيوكلييك.

وقد ظهر ما يتم عن هذه الصفة المذهلة عدة سنوات قبل «ثورة علم الأحياء» منذ الأيام التي بدأ فيها الأطباء في نقل الدم إلى هؤلاء

الذينفقدوا كمية كبيرة منه، فبدلاً من أن يتحسنوا كان يموت كثير منهم ولم يكن سبب ذلك معروفاً لأحد.

وفي عام ١٩٠٠ اهتدى إلى السر عالمي نمسوي يدعى كارل لاند ستينر هاجر إلى أمريكا فيما بعد. وقد اكتشف أن دم الإنسان ليس كله سواء بل ينقسم إلى أربع فصائل.

وليست كل فصائل الدم متوافقة، أو بمعى آخر لا مكن مزج أي نوع مع الآخر. وبمجرد أن صنف الأطباء أنواع الدم هبطت الوفيات الناتجة من نقل الدم هبوطاً ملحوظاً، وأصبح نقل الدم في وقتنا هذا مأموناً ويجرى روتينياً في كل المستشفيات.

وتسمى فصائل الدم التي اكتشفها لاند ستينر أ، ب، أب، (A, B, AB, O) وترمز هذه الحروف إلى المواد المسماة بالانتيجينات التي تصنع بتوجيه مادة د ن أ والتي لا تتغير بسبب البيئة.

وعندما تسري في الدم الأنتيجينات المتولدة من نقل دم فصيلة متعارضة فإن الجسم يبعث بتنبيه إلى جزء من جهازه الوقائي وهو الجهاز الليمفاوي الذي يتكون من سلسلة من الغدد. ويتجاوب حمض النيوكلييك الموجود بالخلايا مع هذا الهجوم بتكوين كميات هائلة من الأجسام المضادة وهي مادة بروتينية. وعندما تسري في الدم تحطم الأنجينات الغريبة، وهذا التحطيم يسمى بالتفاعل الأنتيجين مع الأجسام المضادة.

وبسبب التفاعل الأنتيجيني مع الأجسام المضادة تدمع الكرات الحمراء بدلا من حركتها الطليبقة مما يسبب تجلط الدم الذي قد يؤدي إلى الوفاة وليست أ، ب، أ ب، أو هي العوامل الوحيدة المتوارثة التي تسبب الجلطة، فقد اكتشف لاند ستينر وآخرون عوامل أخرى عديدة.

ومن أهم تلك العوامل عامل ر هـ (Rh) الذي يسبب وفاة كثير من الأطفال. ويسمى هؤلاء الذين يحملون عامل (Rh). (Rh) باختصار كلمة ريزوس (Rhesus) (وهي اسم نوع من القردة يوجد في دمه هذا العامل).

وعادة لا يسبب عامل (Rh) مشكلة إلا إذا تزوج رجل إيجابي (Rh) بسيدة سلبية لهذا العامل. وبسبب أن صفة (Rh) الإيجابية هي السائدة فإن أطفال هؤلاء الإيجابيين يحملون نفس هذه الصفة في دمائهم. ويكون الطفل الأول عادة سليماً. ولكن عندما يأتي طفل ثان أو ثالث فإن الأجسام المضادة المتكونة من د الأم تتصارع مع دم الطفل فإذا نجا الجنين وولد الطفل فإنه يكون عادة مريضاً.

ولحسن الحظ فإن نقل الدم السريع ينجي الطفل؛ ففي خلال نقل الدم يحل الدم السلبي (Rh) الذي يشابه دم الأم محل دم الطفل الإيجابي وبذا تنتهي المشكلة.

ولا يكون مصدر التفاعل الأنتجيني مع الأجسام المضادة دائماً العوامل الموجودة بالدم، فقد توصل العلماء إلى معرفة أن المواد

االموجودة بأجزاء عديدة من كائن خارجي يمكنها أن تسبب تفاعلاً متماثلاً.

وكثيراً ما يرى الجراحون ضرورة زرع كلى أو رئات سليمة محل أخرى مريضة وذلك من بنوك تشبه بنوك الدم المعروفة. ولكن ما لم يكن كل من الواهب والمواهب متشابهين تماماً في صفاتهما الوراثية فإن هذا الزرع لا ينجح.

ويمكن لهذا الزرع أن يعيش فترة ما. ولكن بمجرد أن تنتج الخلايا الليمفاوية أجساماً مضادة كافية فإن الجسم يتخلص من هذا العضو أو الجزء المنزرع.

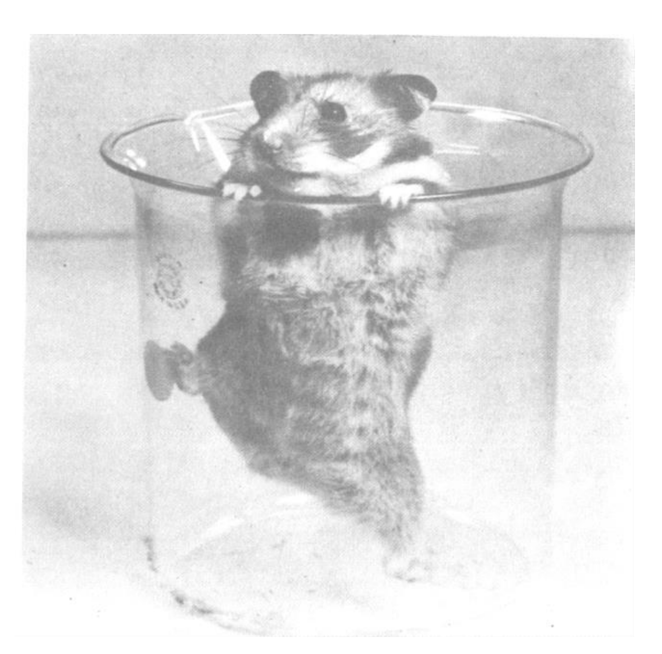
ويسمى هذا النوع من التفاعل الأنتجيني مع الأجسام المضادة بالتفاعل المناعي (immune reaction) الذي يشمل شيئين:

أولهما: مقدرة الجسم على تمييز البروتينات الدخيلة عليه.

وثانيهما: رفض الجسم أن يتحمل مثل هذه المواد بينن خلاياه.

ولكن ما سبب هذا الحاجز المناعي؟ هناك نظرية بأنها مسألة خاصة بمادة ر ن أ الموجودة بخلايا العائل الذي يزرع فيه العضو أو الجزء المطلوب زرعه، وكذا ما ر ن أ الموجودة بخلايا العضو المنزرع نفسه. ومعروف أن ادة ر ن أ تحكمها مادة د ن أ. فمن الأرجح أن المسئول عن الحاجز المناعي هو مادة د ن أ الموجودة في كل منا والتي

تتميز بنظام قواعدها الفريد في خلايا كل فرد على حدة والتي تكسب أجسامنا ملامحها الخاصة.



فئران الهامستر لها أهمية خاصة لدى العلماء الذين يدرسون الحاجز المناعي، إذ أن أنسجة جيوب وجناتها تتقبل زرع أجزاء من الحيوانات الأخرى ومن الإنسان.

وتتقابل بروتينات العائل وبروتينات الجزء المنزرع في مجرى الدم الذي ينقل المواد من خلية إلى أخرى. وهنا تعلب الخلايا التي يرسلها الجهاز الليفاوي دور الجواسيس، فهي تتحسس البروتينات الدخيلة من خلال التصميم الوراثي الموجود داخل النواة، وسرعان ما تكتشف أن المواد المصنوعة منها الجزء المنزرع لم تصنع من حمض النيوكلييك الخاص بها وأنه لا بد أنها صنعت بتوجيه من مادة د ن أ من كائن آخر.

وعندئذ تسرع أجهزة صنع البروتين بالخلايا الليمفاوية إلى العمل.

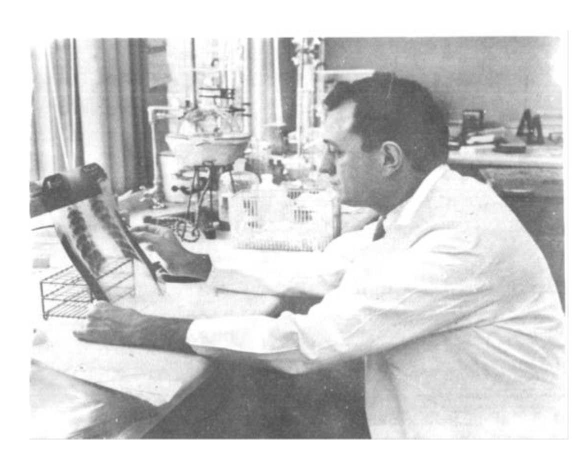
ويعتقد كثير من العلماء أن مادة د ن أ توجه ر ن أ في صنع البروتينات التي تلائم الأنتيجينات الغريبة بطريقة تشبه ملاءمة المفاتيح لأقفالها. والأجسام المضادة هي المفاتيح التي تصنعها الخلايا الليمفاوية. وبمجرد سريانها في الدم تبحث عن أنتيجينات الجزء المنزرع وتقيدها ثم تحطمها.

وهذا يشبه تماماً ما يحدث عندما نتحصن ضد فيروسات شلل الأطفال أو الجدري. فإذا ما هاجمت هذه الفيروسات أجسامنا فإن الأجسام المضادة التي صنعتها خلايا الجسم نتيجة الحقن بفاكسين شلل الأطفال أو الجدري تهاجم تلك الفيروسات وتطردها. غير أن التفاعل الأنتيجيني مع الأجسام المضادة ليس عنيفاً كما هو الشأن في زرع الأعضاء أو في مرض شلل الأطفال أو الجدري فهو في الواقع تفاعل خفيف للغاية لا يسبب مرضاً.

ويوجه التفاعل الأنتيجيني مع الأجسام المضادة غالباً ضد هجوم خارجي، غير أن الغدد الليفاوية تنتج أجساماً مضادة تهاجم مواد مصنوعة من الخلايا نفسها. واكتشف العلماء أن ذلك يسبب أحد أمراض الغدد الدرقية وأنها تشمل أيضاً بعض حالات التهاب المفاصل. ويسمى هذا النوع من التفاعل الأنتيجيني مع الأجسام المضادة بالمناعة الذاتية لأن الجسم في هذه الحالة يهاجم نفسه.

وتدافع أجسامنا بقوة ضد مواد موجودة بالبيئة بصفة مستمرة مما يسبب نوعاً آخر من التفاعل الإنتيجيني مع الأجسام المضادة يعرف

بالحساسية، وتعتبر الحساسية ضد حبوب اللقاح والتي تعرف بحمى القش مثلا من هذه الحساسية. وكذلك الحساسية الزائدة من الصوف وشعر القط والمواد الأخرى. وتأتي الحساسية نتيجة دخول أو احتكاك أحد أنواع البروتين بالجسم وهو دليل على ارتباط مرض الحساسية بمادة د ن أ.



روبرت جود أحد العلماء الذين يستكشفون الدور الذي تلعبه الغدة التيموسية

ثم ما هو التفسير الصحيح لمقدرة الجسم على تمييز المواد الدخيلة عليه؟ وكيف يبني حاجزاً يفصل بين خلاياه وخلايا كائن آخر؟

لم يتمكن العلماء حتى الآن من إعطاء تفسير كامل لهذه الأسئلة، غير أنهم توصلوا إلى معرفة أشياء هامة.

ففي عام ١٩٥٣ درس طبيب إنجليزي دعى الدكتور بيتر مداوار، وعالم أسترالي هو السير ماكفارلين ببرنت نظرية غريبة. فقد افترضا أن مقدرة الجسم على التمييز تنشأ تدريجاً خلال نمو الجنين في الرحم.

وافترضا أن جينات الكائن الذي لم يولد وبيئته جسم الأم يتعاونان في بناء الحاجز المناعي.

ولاختيار هذه النظرية أجريا تجارب على أجنة فئران بمواد مأخوذة من سلالة أخرى من الفئران. واستمرت الأجنة في نموها حتى ولدت فئران طبيعية. وعندما نمت تلك الفئران أجريا عليها التجارب بأن زرعاً في كل فأر جزءاً منزرعاً من الفأر الي سبق أن عولج معه وهو جنين ونجح هذا الزرع واستحقه عنه جائزة نوبل عام ١٩٦٠.

وفي عام ١٩٦٢ توصل عالمان آخران يعمل كل منهما على انفراد إلى كشف خطير آخر، وأحدهما إنجليزي هو جاك ف. أ. ب. ميللر بمعهد بحوث تشستر بيتي بلندن، والآخر أمريكي هو روبرت أ. جود ويعمل طبيباً بكلية الطب بجامعة منيسوتا. وكان كل منهما مهتماً بدراسة الغدة التيموسية، وهي غدة ذات فصين في قاعدة العنق خلف عظمة القص. وكانت هذه الغدة مبعث حيرة العلماء منذ أمد بعيد بسبب كبر حجمها في الأطفال ثم انكماشها تدريجاً. وبرغم أنها كانت تعد جزءاً من الجهاز الليمفاوي فإن وظيفتها كانت مجهولة.

وقد توصل ميللر وجود إلى حل هذا اللغز، إذ توصل كل منهما إلى إثبات أن الغدة التيموسية تصنع الجهاز الذي يمكن الجسم من تمييز المواد الخاصة به من المواد الأتية من كائن آخر. ويبدأ هذا الجهاز في العمل في بدء الولادة أو ما حول ذلك حسب نوع الكائن. ثم يتحرك إلى الأجزاء الأخرى من الجهاز الليمفاوي حيث يتكاثر ويصبح قادراً

على إنتاج الأجسام المضادة. وعند البلوغ تكون الغدة التيموسية قد أدت وظيفتها فتنكمش تدريجاً ويبطل عملها.

فإلى أين تقودنا هذه المعلومات؟ من الصعب التنبؤ. غير أن الأطباء يتطلعون إلى اليوم الذي يمكنهم فيه التحكم في الحاجز المناعي فعندئذ سيمكنهم نقل أعضاء من شخص إلى آخر بسهولة.



الوراثة ومستقبلنا

عندما نستطلع تاريخ الوراثة تنكشف حقيقة غربة ألا وهي أنه كلما كان الكائن الذي يدرسه العلماء بدائياً كانت أسراره أكثر تعقيداً.

فمن خلال تجارب نبات البازلاء المعروف أحرز مندل اكتشافه العظيم عن الصفات السائدة والمتنحية التي تعتبر حجر الأساس في علم الوراثة.

واختيار مورجان لحشرة دقيقة كحشرة ذباب الفاكهة التي لا تحمل إلا قليلا من الكروموسومات أدى إلى إثبات أن الكروموسومات هي التي تحمل الجينات.

والفطريات تعتبر أبسط من ذباب الفاكهة. وقد استخدم بيدل وتاتوم فطر (عفن) الخبز لإثبات أن الجينات هي التي تتحكم في بروتينات كيمياء الخلية.

والبكتيريا التي تعتبر أدناً من كل هذه الكائنات استخدمها العلماء فوجدوا أن مادة د ن أ هي المادة التي تعتبر لب الجينات.

ونهبط أخيراً إلى الفيروسات، لب من حمض النيوكلييك محاط البروتين، وأصبح العلماء على مستوى الذرات والجزيئات. ويتقدم علم الوراثة بسرعة مذهلة. ثم ماذا بعد من اكتشافات؟.

وقد يكون من الغباء محاولة الإجابة عن هذا السؤال بالتفصيل، وليس في وصع أحد أن يجزم بالإجابة ولا نملك الآن سوى التخمين.

فهل سيتوصل الإنسان إلى تقليد الحياة. يس لدينا الآن ما يؤكد ذلك. ولكن كلما زادت معلوماتنا عن أحماض النيوكلييك زاد اقترابنا من هذا الهدف.

في عام ١٩٥٦ تمكن العالم الأكريكي أرثر كورنبرج الذي يعمل بالإنزيمات من جمع جزيء يشبه إلى حد كبير مادة د ن أ وفاز على ذلك بجائزة نوبل.



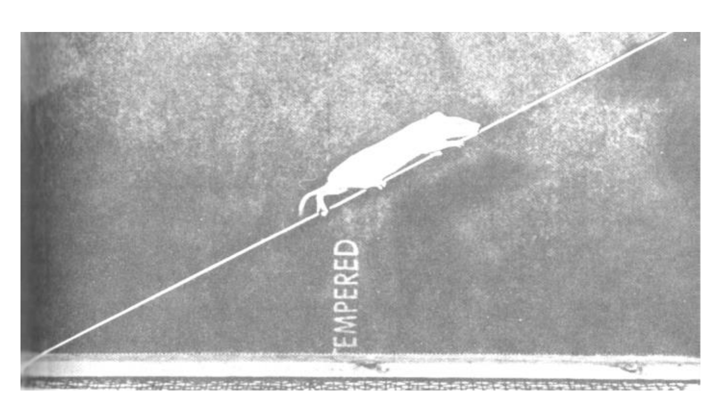
أرثر كورنبرج مع نموذج د ن أ وزوجته وهي أحد مساعديه.

على أن هذا الجزيء لم يكن في الحقيقة جزئياً عاملاً إذ لم ينسخ نفسه، ولم يصنع مادة ر ن أ التي تجمع البروتينات. على أن هذا الفشل يحتمل أن يكون مؤقتاً فقط، فقد توصل جماعة من الباحثين في ويسكنسن وكولورادو حديثاً إلى إدخال صفات وراثية جديدة في البكتيريا بمعالجتها بمادة د ن أ المصنوعة في المعمل.

على أن مادة د ن أ المذكورة لم تكن من صنع الإنسان تماماً، لأنه تم جمعها من مواد مركبة مأخوذة من ميكروبات أخرى. على أن نجاح تلك التجارب قد يجعل في الإمكان صنع مادة د ن أ الفعالة من مواد كيموية بسيطة، وأن هذا الجزيء المصنوع قد يسلك سلوك د ن أ الطبيعي.

وسيكون ذلك بالنسبة لعلم الأحياء، كتفتيت الذرة بالنسبة لعلم الفيزيقا. وذلك لأن الجينات وأحماض النيوكلييك الخاصة بها تعتبر ذرات الحياة، وإذا تمكن العلماء من وصفها أو تعريفها فستتحقق عجائب لم تكن تخطر في البال. وقد ينتشر استعمال أحماض النيوكلييك المختلفة في علاج أمراض السرطان والسكر وغيرها، كما ينتشر استعمال البنسلين حالياً. وربما يمكن د ن أ الخاص الجراحين من أن يتقبل الجسم نقل وزرع أعضاء كالكلى والرئة من إنسان إلى آخر. وربما يمكن علاج مادة د ن أ التي في المريض، أو تلك التي في خلايا المادة المنزرعة أو الأثنين معاً، وما زال الوقت مبكراً للتنبؤ بمثل هذه الأشياء.

وفضلاً عن ذلك فإن د ن أ المخلق يجب أن يساعد العلم لحل مشكلات هامة أخرى؛ فقد أحرز الطب تقدماً كبيراً وطال متوسط عمر الإنسان عن ذي قبل. وبمرور الزمن فإن الأنسجة والأعضاء الداخلية بالجسم تنهك وتبلي. ويعتقد البحاث أن ذلك قد يكون منشؤه إنهاك أحماض النيوكلييك الموجودة بالخلايا ويأملون معرفة ما يحدث في مادة د ن أ في الأشخاص المسنين حتى يمكن استعادة كفاءتها. بل يتنبأ بعض العلماء أن متوسط الأعمار في الأجيال القادمة قد يزيد بمعدل ٣٠ أو ٤٠ سنة عما هو عليه الآن.



درب عالم سويدي يعمل على مجموعتين من الفئران مجموعة منها على بعض الألعاب كالمشي على حبل مشدود. ثم قام بقياس مادة ر ن أ في أمخاخ كل من المجموعتين فوجد أن مادة ر ن . تزيد في أمخاخ الفئران المدربة.

وبإزدياد متوسط العمر سيزيد سكان العالم، وهذا يعني أن العالم سيحتاج إلى إنتاج غذاء أكثر من أرض أقل مساحة. ولطالما اعتمدت الزراعة على العلم لتحسين المحصولات، ولكن الأمر هنا ستصحبه الضرورة الملحة. إن أحماض النيوكلييك ربما تساعد في جعل النباتات وحيوانات المزرعة أكثر إنتاجية عما هي عليه الآن. وبعد عشر سنوات من الآن قد يكون في متناول الإنسان أنواع جديدة من الطعام غير موجودة حالياً.

وإذا كان ذلك هو الشأن في مملكة الحسم فما بال مملكة العقل؟ وهنا أيضاً تبدو المسألة مثيرة. ولم يتأكد أحد بعدهما إذا كانت أحماض النيوكلييك لها تأثير ما في الذاكؤة. ولكن يسود الاعتقاد بين كثير من العلماء بأن مادة د ن أ ربما تنتج جزيئات خاصة تخزن المعلومات تماماً كما تنتج البروتينات لهضم الطعام. وفي الواقع فإن هذه الجزيئات إن

وجدت ربما تتحول إلى بروتينات أيضاً، وإذا ما تذكرنا أن مادة د ن أ الموجودة في خلية بشرية وحيدة تلتقط معلومات دائرة معارف مكونة من ألف مجلد فإن هذه الفكر لا تبدو مستحيلة.

ثم ماذا نتوقع بعد ذلك؟ بالتأكيد يمكننا أن نتوقع ما ليس بالحسبان فإنه بمجرد أن يجيب العلم عن سؤال سرعان مت تظهر أسئلة أخرى عديدة. إن صحة أفضل وطعاماً أفضل، وربما ذاكرة أفضل، قد تكون ثلاث فوائد فقط من الفوائد التي نجنيها من معلوماتنا المتزايدة في علم الوراثة.

ويأمل العلماء في التواصل إلى التفاصيل المجهولة عن مفاهيمنا الخاصة بالتطور. وقد عرف منذ زمن طويل أن كل نوع من النبات أو الحيوان يحمل بروتينات خاصة به. غير أن الباحثين اكتشفوا حديثاً أن جزيء الإنسولين في كل من الحوت والخنزير متشابهان من الناحية الكيموية.

ومثل هذا الاكتشاف مع الاكتشافات الأخرى قد مكّن العلماء من اقتفاء أثر العلاقات التي تربط الكائنات الحية بقارنتهم ببروتينات تلك الكائنات.

وحيث إن البروتينات تحكمها بطريقة مباشرة أحماض النيوكلييك فإن مثل هذه المقارنات قد تجعل من الممكن معرفة أي الأنواع لها جينات متشابهة.

وكان مما استكشفه العلماء في وقتنا هذا أيضاً كيف بدأت الحياة على الأرض؛ ففي عام ١٩٥٢ أجرى طالب الدراسات العليا ستانلي ميللر تجربة رائعة بجامعة شيكاغو بدأها بعمل مزيج من الغازات البسيطة التي يظن أنها كانت تسود الأرض قبل وجود أي حياة عليها، ثم وضع هذا المزيج ف إناء من الماء، ثم شحنه بالكهرباء. وبعد أسبوع من هذا البرق الصناعي الذي صمم على أن يكون مشابهاً للإشعاع الشديد الذي عمر الأرض منذ بلايين السنين كان هذا المزيج يحوي نفس الأحماض الأمينية المعروفة الموجودة بالخلايا.



ستانلي ميللر التي بينت تجاربه التي أجراها وهو طالب دراسات عليا كيف بدأت الحياة على الأرض.

ولم يحن الوقت بعد للقول عما إذا كانت هذه التجربة أو غيرها يمكن أن تثبت كيف بدأت سلسلة الوارثة، ولكنها على كل حال تفترض

أن الحياة لا بد أنها بدأت بداية بسيطة للغاية، بل ربما من بداية مجردة من الحياة. وربما كان داروين على حق أكثر مما تصور هو بخصوص التطور؛ إذ من الأرجح أن الجزيئات التي تطورت منها الحياة تطورت هي نفسها من مواد كيموية بسيطة في البحار.

ومنذ بلايين السنين لم تنشأ كائنات من مواد لم تكن فيها حياة من الأصل. ولكن هذا على الأرجح ما حدث عند بدء الحياة. وسيقترب العلماء من هذا الهدف إذا ما نجحوا في صنع مادة د ن أ.

وهكذا، قد تنتقل الحياة في كوكبنا هذا من سيطرة الطبيعة إلى سيطرة الإنسان. وإنه لتحدٍّ مخيف ذلك الذي سيجرنا إليه العلم من جراء مثل هذه القوة العظمى.

فعلينا جميعاً أن نعمل على عدم إساءة استعمالها. فمن بين كنوز الأرض جميعاً ليس ما هو أثمن من الجينات التي تربط حياة اليوم بحياة الغد.

وفزع داروين عندما وجد أن مكانه في السفينة متعب للغاية. وبرغم ذلك، وما أصابه من دوار البحر، فقد قام بنصيبه من العمل وتسجيل كل ما رآه بالتفصيل. وعندما كانت السفينة تشق طريقها من جزيرة إلى أخرى، وعلى طول شواطيء مجهولة كانت تستحوذ على العالم الصغير فكرة واحدة، وهي أنه كلما زاد اقتراب مجموعة من الجزر بعضها من البعض أو من الأرض تشابهت نباتات الاثنتين وحيواناتهما. وكلما

تباعدت أو انفصلت بعيداً بالجبال أو الصحراء زاد اختلاف كائناتهما الحية.

ولم يتأثر داروين من كل ما رآه قدر تأثره بجزر جالاباجوس، وهي تبعد عن غرب أمريكا الجنوبية بحوالي ١٠٠٠ كم، وكأنها بذاتها عالم صغير بطيوره وعظاءاته وسلاحفه، حيث لا توجد في مكان آخر. وكانت الأيام القليلة التي أمضاها بالجزيرة نقطة تحول في تفكيره، وكتب في جريدته فيما يختص بكل من الزمان والمكان يبدو... أننا أصبحنا قريبين من لغز الألغاز... أول ظهور كائنات جديدة على الأرض.

وتقع جزر جالاباجوس في المحيط وقد شطرت من قاعه، وم تتصل في يوم ما بأراضي أمريكا الجنوبية. غير أنه منذ القدم كانت الرياح والتيارات تحمل النباتات إليها. كما جاءت إليها الحيوانات أيضاً. وعندما أصبحت منعزلة عن مواطنها الأصلية أصبحت تلك الطيور والعظاءات و «السلاحف» مختلفة تماماً عن أجدادها التي انحدرت نمها. وبذا أصبحت تلك الجزر وكأنها معمل منظم لدراسة النشوء، والتطور عملياً.

وقد جذبت طيور الشرشور بصفة خاصة انتباه داروين، إذ كانت شديدة الشبه بالطيور التي سبق أن رآها في الأراضي الرئيسية، غير أنها كانت في الجزر مكونة من ١٣ نوعاً بدلاً من نوع واحد. كما زجد داروين أنه لا يوجد اثنان منها يتنافسان على نوع واحد من الطعام.

وبينما كانت الطيور التي تعيش في الأراضي الرئيسية من النوع الأرضي وذات منقار مهيأ لالتقاط نوع خاص من البذور، كان لكل نوع

من طيور جزيرة جالاباجوس منقار يناسب غذاءه الخاص، فضلاً عن أن بعض تلك الطيور أصبحت من آكلات الحشرات وتسكن الأشجار. وكان بعضها من النوع الذي ينقر خشب الأشجار برغم قصر ألسنتها للبحث عن الحشرات، وذلك بأن تضع في منقارها غصناً أو شوكة من نبات الصبار وتستعملها أداة لالتقاط الحشرات من الأشجار. وفي ذلك يقول داروين... «إن نوعاً من الكائنات قد انتقل وتكيف ليخدم أغراضاً مختلفة».

وأخيراًأبحرت السفينة بيجل من جزر الجالاباجوس قاصدة أستراليا والمحيط الهندي في رحلة استغرقت حوالي خمس سنوات. ومرت الشهور ومازالت في مخيلة داروين طيور الجالاباجوس، وتحول خيالع إلى حقيقة راسخة عن سبب وجود أشكال مختلفة في كل كائن حي. وبمجرد عودته إلى وطنه كتب إلى أحد أصدقائه العلماء: «وصلت إلى استنتاج أنه لا توجد كائنات حية قد خلقت خلقاً مستقلاً خاصاً وأن الأنواع ا هي إلا أصناف ذات تمييز واضح، وأنها أصناف متباينة محددة تماماً».

وبسبب المرض لم يتمكن داروين من زيارة الأرجنيتين كما لم يقم رحلات طويلة أخرى. وفي السنوات التالية أخذ يدرس ما شاهده في رحلة بيجل. ومن هذه الدراسات ومن تجاربه التي أجراها في مزرعته على تربية الحيوان صاغ معانيي التطور، وهي المعاني التي وحدت علم الأحياء.

وقد شرح داروين نظرياته في أفضل كتاب له وهو كتاب أصل الأنواع الذي نشر عا ١٨٥٩، وقد أصبح من الكتب العلمية الكلاسيكية وما زال يقرأ بمعتة في وقتنا هذا.

وبعكس العلماء الأسبقين الذين اكتفوا بملاحظة التطور، فإن داروين قام بشرح الأسس الشهيرة للانتخاب الطبيعي (Natural Selection) وهي تتلخص في أن كل الكائنات تنتج أفراداً أكثر مما يحتمل أن يعيشوا بكميات الغذاء الموجودة، ولا يبقى ويتكاثر سوى الذي يتغلب على منافسيه، وأن الهدف هو بقاء النوع.

ويقع الصراع على مستويين، وأحياناً تموت الأفراد اضلعيفة من المجموعة الواحدة، ولكن عندما تكون كل أفراد المجموعة ناقصة في الاستعداد إذا قورنت بغيرها من المجموعات، فإن هذا النوع من الكائنات بأكمله ربما يكون مصيره الفناء. وهذا ما حدث فعلا للديناصور الذي اندثر لشراهته الزائدة وقلة حيلته.

ومن جهة أخرى لا يوجد مولودان متشابهان فيما عدا التوائم المتماثلة. والاختلاف بين الأفراد غالباً ما يكون قليلاً، ولكنه له أهميته في بعض الأحيان وللحيوان الذي يتلون حسب البيئة التي يعيش فيها ميزة على منافسيه. وكذكلك الحال في النبات الذي يمكنه أن يعيش على كمية ضئيلة من الشمس في جو غير مشمس. وإذا كانت هذه التغيرات طفرات تنتج مثلها تماماً فإنه من الممكن أن تنتج أنواعاً جديدة. وتدخل كائنات جديدة عندئذ بدورها في صراع الحياة لتعيش.

وفي بلايين السنين من عمر عالمنا هذا يقدر ما يقطن في وقت واحد ما يقرب من ٥٠٠ مليون نوع من الكائنات الحية. وقد بقى من كل هذا العدد حوالي المليونين وذلك نتيجة عملية الانتخاب الطبيعي.

ولكن هل انتهى التطور؟ وهل تغيرت النباتات والحيوانات والإنسان بالشكل الكافي؟ يجيب العلماء على ذلك بالنفي. ولكنهم يعتقدون أن عملية التطور قد أبطأت. وذلك لأن الكائنات في عصرنا هذا أصبحت كأصلح المخلوقات، فلم تعد في حاجة إلى تغيير جوهري، وهذا من أسباب عدم جدوى الطفرات حالياً، بل ضررها للكائنات بدلاً من أن تنفعها.

ويشذ عن ذلك البكتيريا التي تتكون لها حصانة ضد العقاقير، فهناك كثير من أنواع البكتيريا من بينها ما يحمل جينات ذات طفرة مما يمكنها من مقاومة البنسلين أو غيره من مضادات الحيوية، فإذا انتقلت هذه الجينات إلى أجيال جديدة كما هي العادة تكونت عن ذلك سلالات جديدة من البكتيريا لا تتأثر بتلك العقاقير.

وهذا يحقق ما يتطلبه التطور؛ فالبكتيريا الي تحمل جينات طافرة تعرضت لعملية انتخاب طبيعي لتستمر في الحياة، وقد أصبح بقاؤها أكبر.

ونظريات داروين تبدو معقولة في وقتنا هذا ولكنها سببت هياجاً في القرن التاسع عشر، فالأديان والفولكلور تنادي بأن عقل الإنسان جعل

منه كائناً ممتازاً. ونظرية التطور تقول إن الإنسان من نفس طبيعة الكائنات الأخرى. وعقل الإنسان الذي لا شك أنه أفضل من غيره يقال حسب نظرية التطور إنه نشأ عن أشكال بدائية، بل إن كل شيء في الإنسان يمكن أن يرجع إلى أشكال بدائية، وفي النهاية إلى أكثر الأشكال بدائية، أي إلى الحيوانات وحيدة الخلية.

وقد قوبلت آراء داروين في أن الإنسان لا يتميز عن باقي المخلوقات بمعارضة شديدة وأثارت جدلاً كبيراً.

ومن حسن الحظ أن الأيام تغيرت وكذلك طرق التفكير. وأصبح مما يثير معظم الناس أنهم ينتسبون إلى كل ما ينبض بالحياة. وقد قال جاروين في كتابه «أصل الأنواع»: «هناك عظمة وجلال في هذا الرأس عن الحياة. فمن تلك البداية المتناهية في البساطة تطورت وما زالت تتطور أنواع لا حصر لها وغاية في الجمال والإبداع».

وبرغم أن داروين كان مقتنعا بأن التطور بين الكائنات الحية لا بد أن تحكمه قوانين الطبيعة فإنه لم يهتد إلى كنه تلك القوانين. وذلك لأن الجينات لم تكن معروفة لدى العلماء إلى أن ظهرت نتائج تجارب مندل عا ١٩٠٠ أي بعد وفاة داروين بثمان عشرة سنة.

وكان داروين يعلم جيداً مواطن الضعف في نظرياته، إذ يقول في كتابه أصل الأنواع: «إن القوانين التي تحكم الوراثة معظمها غير معروف».

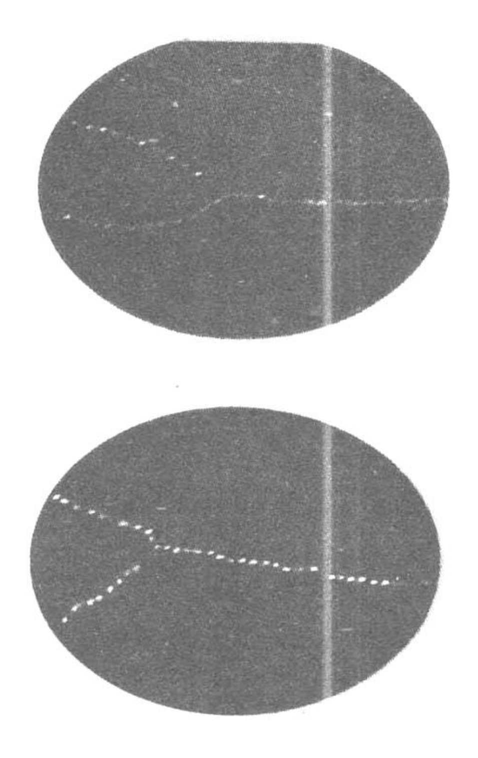
وشقت معرفة علم الوراثة طريقاً طويلاً منذ ذلك الحين إلى أن ظهر كعلم قائم بذاته. وبدأ العلماء، وفي أول القائمة مندل، في استقصاء قوانين الوراثة. كما اكتشفوا المادة الكيموية للجينات التي تتبع تلك القوانين، كما سنذكرها في الجزء الثاني من الكتاب.

وفي الوقت نفسه فإن ذكرى داروين تنال احتراماً متزايداً على مر السنين، إذ ثبت أن الجينات هي أداة الانتخاب، وأنها تحمل تلك الأسس التي تعمل على ظهور التغييرات في الكائنات الحية. وبذا فإن طريقة تفكير داروين تعتبر ركناً من أركان علم الوراثة الحديثة لا يقل أهمية عن أكبر معمل يمكن الحصول عليه بالمال. وهذا أعظم ما يصبو إليه عالم لتخليد ذكراه.

الجزء الثاني

ثورة في علم الأحياء





تعريف الـدن أ

يبدأ الإنسان حياته كمعظم النباتات والحيوانات من خلية صغيرة جداً لا يكاد يمكن رؤيتها بالعين المجردة. وهذه الخلية عبارة عن بويضة مخصبة نتيجة اتحاد كروموسومات الحيوان المنوي بالبويضة، فتتكون نواة واحدة تمر بمرحلة تبلغ تسعة أشهر لتخرج إلى الحياة.

ومن هذه البداية المتواضعة تنقسم البويضة المخصبة انقساماً ذا طابع معقد، وسرعان ما تكبر فتصبح جنيناً ينمو إلى حميل برحم الأم بضفيرة من الأوعية الدموية، وهي ما تسمى بالحبل السري، وهو طريق توصيل الغذاء من الأم إلى حميلها.

وعندما يخرج الجنين من بطن أمه فإنه يكون قد تضاعف حجمه ملايين المرات بالنسبة إلى حجمه الأصلي، وعندئذ يمكن تسميته طفلاً رضيعاً، كل خلية في جسمه لها وظيفتها الخاصة.

وتسمى الخلايا التي تمكنه من أن يعيش وينمو بالخلايا الجسمانية. وهي تشمل خلايا الكبد والمعدة والأمعاء التي تساعدنا على الحصول على الطاقة المتولدة من الطعام. كما تشمل خلايا الأذى والعين والجهاز العصبي مما يمكننا من أن نكون على اتصال بما حولنا. ومن الخلايا الجسمانية تلك الخاصة بالدم الدورة الدموية التي تنقل المواد من مكان لآخر. وكذلك خلايا الجلد التي تحمي أجسامنا من الأعداء الخارجيين. وكذا خلايا العظام والعضلات، وحتى خلايا الغدد التي تنظم الأجهزة الدقيقى لكيمياء الجسم تعتبر خلايا جسمانية، كذلك خلايا الكلى والأعضاء الأخرى التي تعمل على طرد فضلات الجسم.

وبالإضافة إلى الخلايا الجسمانية يأتي المولود الجديد مجهزاً بالخلايا التي تمكنه من أن يكون أباً أو أماً عندما يتكامل نموه مما يعمل على بقاء الجنس وهي تسمى بالخلايا التناسلية الجرثومية. والخلايا التناسلية الوحيدة في أجسامنا هي الحيوانات المنوية والبويضات، وبطبيعة الحال الخلايا التي تنشأ عنها هذه الأمشاج.

ويجرى تكوين الخلايا الجسمانية والتناسلية في الجنين طبقاً لتوقيت دقيق، وتنظم الجينات كل عملية بحيث عندما يتم انقسام الخلية الواحدة تهيأ الأخرى للانقسام، وباستمرار هذه العملية يصبح تكوين

الخلايا أكثر تخصصاً، وخطوة فخطوة يسير الجنين قدماً متطلعاً إلى اليوم الذي يخرج فيه من بطن أمه طفلا، وعلى مر الأيام يصبح فرداً بالغاً قوياً.

ما الذي يسبب تلك السلسلة من الأحداث؟ إنها مادة كيموية في الكروموسومات من نوع الأحماض. ولأن الكروموسومات موجودة بنواة الخلية فإنها تسمى حمض النوويك (أو حمض النيوكليك) واسمها الكامل حمض الديسوكسير يبونيوكليك (Deoxyribonucleic acid) والذي يعرف بالحروف الأولى د ن أ (D N A).

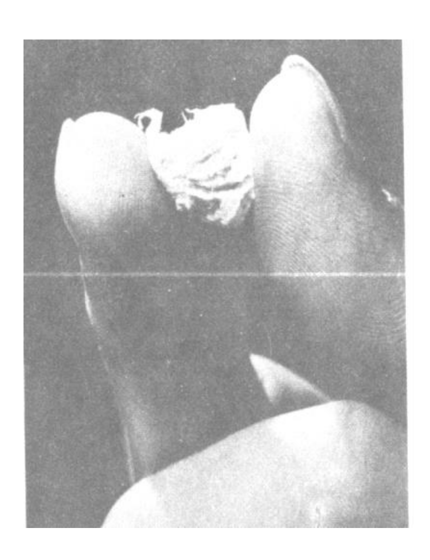
ويعتبر د ن أ العامل الوراثي؛ فهو يحمل عوامل التوريث من جيل إلى آخر، ومن خلية إلى أخرى، وهو بمثابة اللب الذي تصنع منه الجينات.

وبدون د ن أ لا يمكن للحياة أن تبدأ ولا أن تستقر. فهو المادة الكيموية الأولى التي تكون أحياء جديدة وتوجه العمليات الحيوية لكل كائن حي. وفيما خلا كرات الدم الحمراء التي ليست بها أنوية وجد العلماء أن د ن أ موجود بكل أنواع الخلايا.

وقد عرف عن د ن أ أنه عامل التوريث منذ بضع سنوات فقط. وبرغم قصر تلك المدة فقد غيرت تلك المدة فقد غيرت تلك المعرفة علم الوراثة. ففيما مضى كان علماء الوراثة يركزون جهودهم في معرفة كيف تنتقل الصفات من جيل إلى آخر. أما الآن فإن علم الوراثة أصبح

مختصاً من أوجه كثيرة بالصحة والمرض.

ويعتبر كثير من العلماء أن مادة د ن أ ستكون بداية عهد جديد في علم الأحياء، وأنها ستفسر لغز الحياة وكيف بدأت. وهذه الثورة في علم الأحياء ربطت هذا العلم بالكيمياء والفيزيقا برباط محكم أكثر من أي وقت آخر وأخذت تلك الاكتشافات أهمية خاصة وأصبحت مثيرة للاهتمام... وكثيراً ما يكتب عنها في لبصحف اليومية. وسنعرف المزيد عنها في بقية هذا الكتاب.



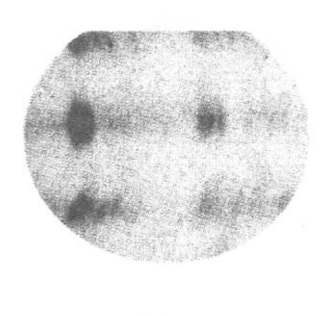
تمكن العلماء من تحويل مادة د ن أ (المأخوذة من الغدة التيموسية للعجول) من سائل إلى جسم صلب.

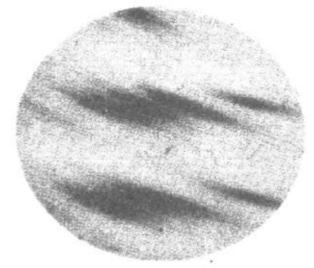
وبرغم أم د ن أ برز للأمام في السنوات الأخيرة فقط فإنه كان معروفاً في الواقع منذ عام ١٨٦٨ عن طريق كيموي يدعى فردريك ميشر في بازل سويسرا.

فقد استخرج ميشر هذه المادة لأول مرة من أنوية خلايا جديدة، ثم من السائل المنوي لأسماك السالمون التي تسبح في نهر الراين. وقد اثاره هذا الاكتشاف ثم وجد أن المادة عبارة عن حمض. وربما شك في أن هذا الحمض له علاقة ما بالوراثة، ولكن كانت تعوزه المعرفة الكافية التي تمكنه من إثبات ذلك.

وكان عام ١٨٦٨ هذا مبكراً للغاية، إذ أن العالم عرف مندل عام ١٩٠٠. وهو نفسه لم يكن يعرف أن التجارب التي أجراها كانت تحكمها الكروموسومات الموجودة في خلايا النباتات التي أجرى عليها بحوثه. وبرغم أن الكروموسومات والـ د ن أ اكتشفت في عصره فإنه لم يعرف عنهما شيئاً.

وظل د ن أ لغزاً أكثر من خمسين عاماً. وكان بعض الذين بحثون عن أسراره ما زالوا أطفالاً، والبعض الآخر لم يولدوا بعد عندما مات ميشر ومندل.





حل الطلاسم

بالرغم من أن ميشر مات قبل أن ينشر بحوثه العديدة فإن أصدقاءه تمكنوا من جمع مذكراته وبحوثه الأولى وأخرجوها في كتاب نشر عام ١٨٩٧، وكان هذا الكتاب ذا أهمية مباشرة للعلماء المشتغلين بالخلايا.

وبعد ذلك بثلاث سنوات كانت اكتشافات مندل قد أعيد بحثها ودراستها فعكف علماء الكيمياء والأحياء على دراسة تركيب الجينات. واعتقد الكثيرون أنها مكونة من بروتينات. ولكن لفترة طويلة لم يكن يعرف عن علم الوراثة إلا القليل، وكانت البحوث الخاصة بهذا العلم بدائية للغاية. وظل العلماء في حيرة حتى وجدوا الحل، وذلك في عام ١٩٤٦.

وأجريت التجارب الحاسمة في معهد روكفلر بنيويورك. واستعمل العلماء بدلا من نبات البازلاء وذباب الفاكهة أحياء أبسط منها، وهي البكتيريا، تلك الكائنات الدقيقة الوحيدة الخلية التي كان ليفنهوك أول من رآها قبل ذلك بثلاثة قرون.

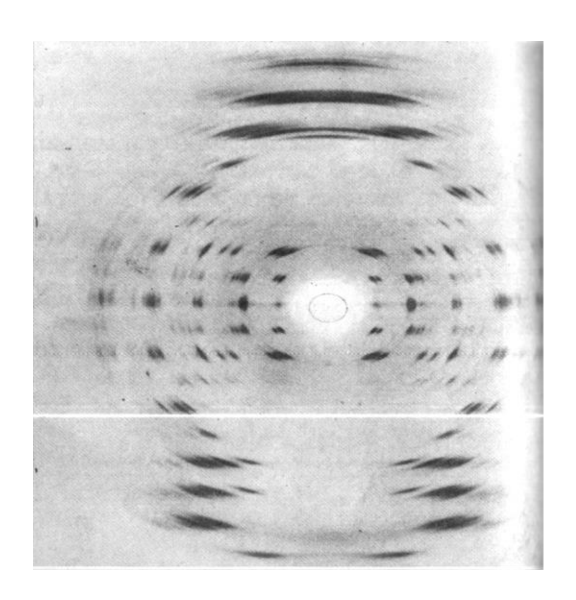
وبالرغم من أن البكتيريا ذات حجم دقيق جداً فإن علماء معهد روكفلر أمكنهم استخلاص الـ د ن أ من سلالى ونقلها إلى سلالة أخرى.وانتظر العلماء تكاثر تلك البكتيريا. ولم تخب ظنونهم، فبدلا من أن تتشابه مع الجيل الأصلي الذي نشأت منه تشابهت مع البكتريا التي استخلصوا منها الـ د ن أ. وبذا ثبت أن مادة د ن أ هي التي تتحكم في الوراثة وليست البروتينات.

ورغم هذا الاكتشاف المثير فإن المشكلة الرئيسية بقيت دون حل. فقد تأكد العلماء أن الأ د ن أ هو الذي يوجه الوراثة، ولكنه لم يعرفوا كيفية ذلك. وعكفت معامل كثيرة على دراسة تلك المشكلة، وبعد ست سنوات لاح بصيص من الأمل.

وتنحصر المشكلة في كيفية تكوين الـ د ن أ؛ أن كل مادة تتكون من مجموعة من الذرات مرتبة ترتيباً خاصاً يسمى الجزيء الذي قد يتكون من مجموعة من تحت جزيئات– صغيرة، وهكذا. ولكي نفهم كيف يتحكم الـ د ن أ في الوراثة لا بد أن نعرف ما شكل الجزيء الخاص به ووضع كل ذرة فيه.

غير أن معرفة الجزيء ليست أمراً هيناً. والجزيء من الـ د ن أ أثقل من جزيء الأيدروجين– أخف العناصر وزناً– بمقدار ٧ ملايين ضعف. ورغم ذلك فإنه دقيق للغاية، حتى إن الميكروسكوب الإلكتروني الذي يجعل رأس الدبوس يبدو في ضخامة إستاد كبير لا يمكن رؤية تكون جزيء الـ د ن أ فيه بوضوح.

ولذلك لم يتمكن العلماء من الاعتماد على الميكروسكوب، فيحايلوا كي يظهر جزيء الـ د ن أ بطريقة أخرى. وعاملوا الجزيء السائل حتى أصبح صلباً وعرضوه لشحنه من أشعة إكس بحيث يمكنهم التقاط فيلم للظل بطريقة انعطاف أشعة إكس. وكان أول من استعمل تلك الطريقة بنجاح على جزيء الـ د ن أ هو موريس هـ، ف. ولكنز بجامعة كنجز بلندن عام ١٩٥٢. وبعد عشر سنوات نال جائزة نوبل عما قام به من أعمال.



نموذج لمادة د ن أ بطريقة انعطاف أشعة إكس تصوير الدكتور ولكنز ومساعديه.

ولكل نوع من الذرات عدد مختلف من الإلكترونات. ويمكن للعلماء معرفة كيفية ترتيب الذرات في الجزيء، وذلك بفحص صور الظلال التي أسقطتها أشعة إكس.

وبطبيعة الحال فإن طريقة انعطاف أشعة إكس تبين بعدين فقط من أبعاد الجزيء الثلاثة. وعلى كل فذلك أفضل بكثير من عدم وجود صور ما.

وكان كثير من العلماء يعتقد أن جزيء الـ د ن أ يبدو على شكل سلسلة طويلة. غير أن أحد الحائزين على جائزة نوبل السابقين– وهو كيموي من كاليفورنيا يدعى لينوس بولنج– افترض أنها تشبه الزنبرك الملفوف. وأيدت مشاهدات ولكنز صحة رأي بولنج. غير أن هذا السؤال المحير ما زال قائماً، وهو كيف سيتحم «الزنبرك» في الوراثة؟

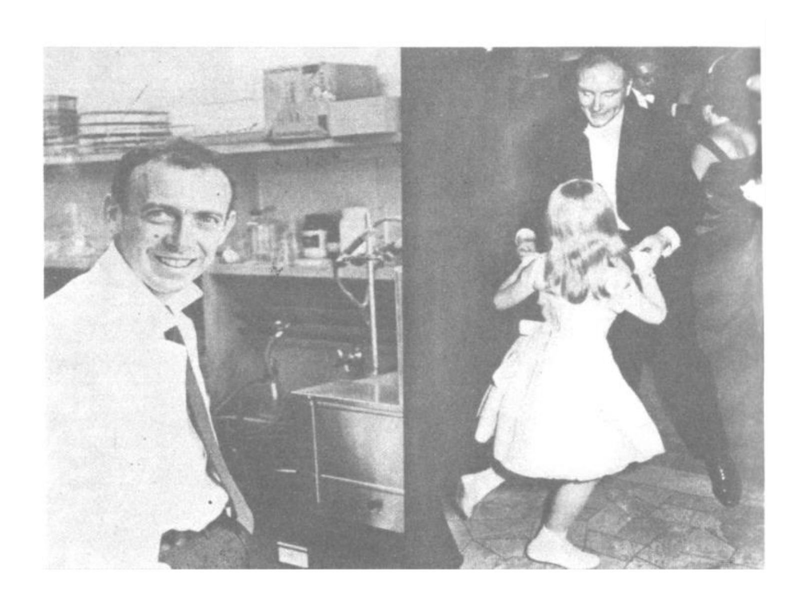
وفي شتاء عام **١٩٥٣** وضع عالم إنجليزي وزميل له أمريكي نظرية تعتبر أفضل النظريات التي وضعت وأقربها للمنطق. واسم هذا العالم الإنجليزي فرانسيس كومبتون كريك، وكان إذ ذاك في السادسة والثلاثين، أما الأمريكي فيبلغ الرابعة والعشرين واسمه ديوي واتسون. وقد عمل كريك وواتسون معاً في جامعة كامبردج بإنجترا. وكانا يجريان تجاربهما في هدوء بكوخ ما زال يبدو وكأنه مظلة للدراجات وليس معملاً مزوداً بأرقى الأجهزة.

وقد كانت نظريتهما ذات قيمة علمية كبيرة حتى إنهما شاطرا ولكنز

في الفوز بجائزة نوبل عام ١٩٦٢.

وكان من بين ما درسه كريك وواتسون صور أشعة إكس ذات الانعطاف أو تكسر الضوء. واستنتجا مما شاهداه أن جزيء د ن أ يشبه الزنبرك وقاما بنشر بحث مفصل عن الشكل الذي يبدو عليه جزيء الـ د ن أ وشرح كيفية تحكم الـ د ن أ في الوراثة.

وطبقاً لنموذج الخاص بهما فإن الجزيء الذي يشبه الزنبرك مكون من سلسلتين ملفوفتين إحداهما حول الأخرى أشبه ما يكون بسلم دائري يحيط به من جانبيه حاجز «درابزين». وهذا الحاجز مصنوع من مادتين كيمويتين بالتبادل، وهما: السكر، والفوسفات.

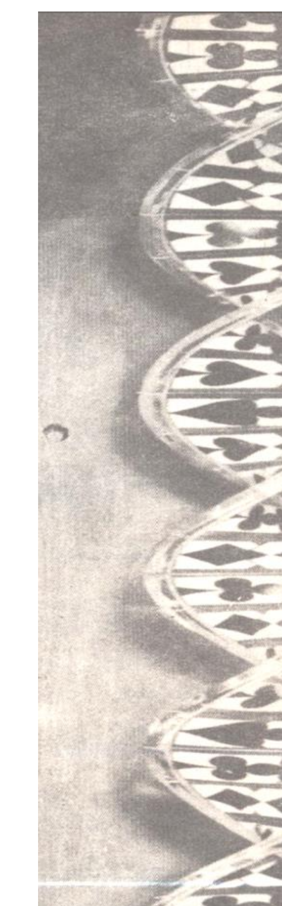


في الصورة اليمنى فرانسيس كريك يراقص ابنته في حفل تكريمه بمناسبة منحه جائزة نوبل في عام ١٩٦٢ – وفي الصورة اليسرى جيمس د. واتسن في معمله.

وبين جوانب الحاجز «الدرابزين» تقوم درجات السلم، وكل درجة مصنوعة من كتلتين أو قاعدتين متجاورتين.

وهناك أربع قواعد كل منها ذات تركيب كيموي مختلف، ولكن تحتوي كلها على نتروجين، واسمها حسب حروفها الأولى قواعد أ- ت- ج- س (A T G C).

وتصنع هذه القواعد الأربع نوعين فقط من الدرجات، وذلك لأن قاعدة أ لا تتلاءم إلا مع قاعدة ت- كما أن قاعدة ج لا تتحد إلا بقاعدة س.



ولكي يسهل فهم ذلك، نرمز لكل نوع من القواعد بإحدى مجموعات ورق اللعب الأربع (الكوتشينة). ولتكن قاعدة أ «السباتي» وقاعدة ت «القلب» وقاعدة ج «البستوني» وقاعدة س «الديناري».

وحسب نظرية نموذج واتسون كريك فإن كل درجة من جزيء د ن أ يجب أن تكون مكونة اتحاد قاعدتي سباتي وقلب أ– ت أو تأ (A-T or T-A) أو اتحاد قاعدتي بستوني وديناري جـ – سي أو سي– جـ (G-C or C-G).

وفي كل درجة تتصل القاعدتان برباط ضعيف يسمى الأيدروجين.

ولا توجد قواعد لعدد الدرجات المصنوعة من السباتي والقلب، أو من الديناري والبستوني. كما يمكن للنوعين من الدرجات أن يختلفا في أي نظام. فعينة من د ن أ قد تكون معظمها من درجات أ– ت (A-T) وأخرى قد يكون لها درجات أكثر من ج– سي (G-C) وثالثة قد تكون أنواع درجاتها متساوية.

وحسب نظرية واتسون– كريك فإن د ن أ الخاص بكل كائن له تسلسله الخاص من الدرجات. وهذا يحدد ما إذا كانت البويضة المخصبة سيتكون منها فأر أم تمساح أم إنسان.

في هذا النموذج من د ن أ تمثل القواعد الأربع بالديناري والسباتي والقلب والبستوني.

كما يعتقد أن الاختلافات الدقيقة الأخرى في ترتيب القواعد هي التي تحدد اختلافات الأفراد كلون الشعر مثلا في الإنسان وهل سيكون أسود أو أحمر أو أشقر.

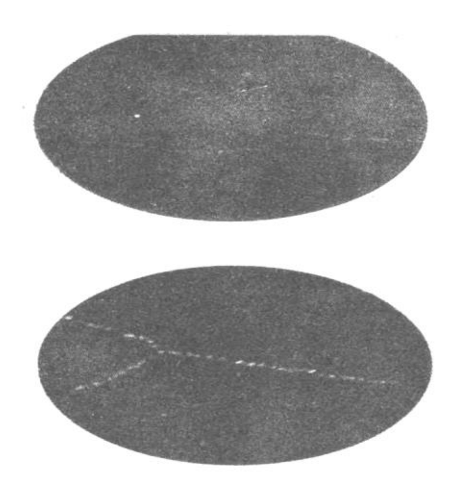
وبلغ من قوة هذه النظرية أنه إذا فحص أحد العلماء عينة من د ن أ فإنه غالباً ما يمكنه أن يحدد الكائن الذي أتت منه، وذلك بقياس أنواع القواعد الأربع في تلك العينة، وربما يأتي اليوم الذي قد يتمكن فيه من معرفة لون عين الإنسان أو الحيوان.

ولكن هل من المعقول أن أربعة أنواع فقط من القواعد تكون هي المسئولة عن هذا الاختلاف الكبير بين الكائنات الحية؟ ولكن لنفكر في الحروف الأبجدية. إنها ٢٨ حرفاً فقط. ومع ذلك فإنها تشكل عدداً لا يحصى من الكلمات التي بدورها يمكن أن تشكل عدداً لا يحصى من الرسائل.

كذلك الحال مع د ن أ، فهو نوع من الرموز المكتوبة على شريط الآلة الحاسة والجزء المكون من السكر والفوسفات في الرموز في الحاجز «الدرابزين» هو نفس الشيء في كل الكائنات.

وتوليفات أ– ت وب– أ (A–T) و (T–A) وكذا ج– س– وس– ج (G–C) و (C–G) هي التس تسبب اختلاف الكائنات الحية، إذ تحتوي هذه القواعد على ما يميز الإنسان عن القط، وما يميز القط عن النمر، والأزهار الحمر عن الأزهار البيض. كما أنها تحمل التعليمات الخاصة بالصفات المشتركة بين الكائنات الحية.

ويقدر العلماء أننا لو أمكننا ترجمة التعليمات التي ترسلها مادة د ن أ في خلية بشرية واحدة إلى اللغة الإنجليزية فإنها ستملأ ألف مجلد من دائرة المعارف.



التصميم الوراثي

مما سبق يتضح أن د ن أ يعتبر حاملاً ممتازاً لمعلومات مقننة، كما أنه عامل نموذجي لنقل التصميم الوراثي من خلية لأخرى، وذلك لمقدرته على نسخ نفسه.

وعندما لا تكون هناك حاجة إلى خلايا جديدة فإن د ن أ يلتف بشدة في الكروموسومات القصيرة الممتلئة عندما لا يكون هناك انقسام. ولكن في حالة الانقسام فإن الكروموسومات في الأنوية تتحول إلى خيوط طويلة ورفيعة وكذلك د ن أ في الداخل.

وباستمرار الانقسام المعتاد للخلايا فإن الرباط الأيدروجيني الضعيف الموجود في د ن أ يبدأ في التوقف فتنفصل درجات أ– ت و ت– أو– ج– س و س– ج وينفرد «درابزين» السكر والفوسفات ويتفتح كما تتفح جانباً «سوستة» الملابس.

ويأخذ كل جانب من هذه «السوستة» القواعد الأزوتية على جانب الجزيء ولا يكاد يكون فارغاً حتى يجذب إليه مادة جديدة يكون بها جزئياً كاملاً من د ن أ كالجزيء الأصلي تماماً، ويذهب كل واحد من الجزيئين الجديدين إلى كل من الخليتين الجديدتين.

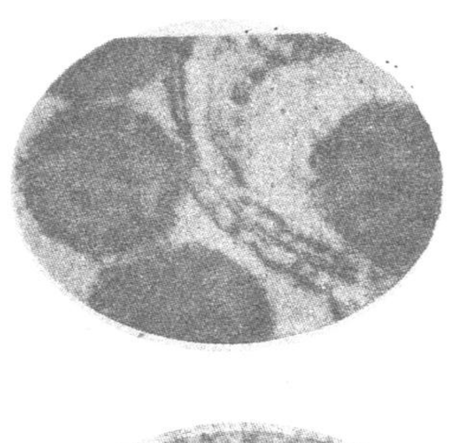


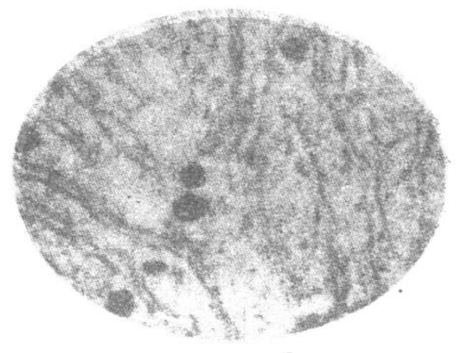
ويبدأ د ن أ الخاص بالبويضة الخصبة سلسلة من الأحداث تنتهي بتكوين ملايين الخلايا.

ولدى العلماء أدلة كافية بأن د ن أ هو المادة المكونة للجينات. كما يعرفون أن كل نواة في خلايا الكائنات بها نفس كمية د ن أ (فيما عدا الخلايا التناسلية لأنها تحمل نصف عدد كروموسومات الخلايا الأخرى وبذا فإنها تحتوي على نصف كمية د ن أ)، وهنا يبرز سؤال هام: إذا كانت كل خلية تحمل د ن أ بنفس التوجيهات فكيف تتخصص خلية في هضم الطعام، وأخرى في التخلص من الفضلات، وثالثة تساعدنا على الإبصار؟.

إن هذا السؤال ظل حتى الآن بلا جواب. والعلماء المشتغلون بهذه المشكلة يعتقدون أن الجينات وحدها ليست المسئولة عن هذا التخصص. وهم يرجحون أن ذلك يشمل التعاون بين جنات نواة الخلية وأجزاء الخلية الأخرى وبيئة الجنين. غير أن هذا التعاون يفتقر إلى إقبات.

وفي الوقت نفسه سنرى في الفصل التالي أن العلماء لا يدرسون فقط كيف يتحكم د ن أ في الوراثة، بل في كيفية توجيه د ن أ للعملية الكيموية اليومية التي تجرى في أجسامنا، إذ أنه يفعل الكيمويات تترجم توجيهات الجينات إلى أنسجة الكائنات الحية.





مصانع داخل الخلية

يخرج المولود من بطن أمه وبه ٢٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ خلية. وبرغم أن المولود يعتمد على حماية والديه كي يعيش، فإنه من أوجه مختلفة له طرقه الخاصة ي الاعتماد على نفسه. فلا يلزم للمولود أن يظل ملتصقاً بجسم أمه ليأخذ جاجته من الغذاء وليتخلص من الفضلات، فبمجرد أن يتنفس فإن جسمه يقوم بعمل تلك الأشياء، بل أكثر منها.

وترجع مقدرة أجسامنا على أن تعمل مستقلة إلى عمليات كيموية تجري في خلايانا، ومجموع هذه العمليات تسمى بالأيض أو التحول الغذائي وتهيمن عليه جزيئات خاصة من البروتين.

ويوجد البروتين في كل الكائنات الحية. وهو عبارة عن جزيئات طويلة التسلسل موجودة بكل خلية داخل النواة وخارجها.

ورباط سلسلة جزيء البروتين هو الأحماض الأمينية، ويوجد منها عشرون نوعاً، وكلها تحتوي على ذرات الكربون والأيدروجين والنتروجين والأكسجين. وبعض الأحماض الأمينية في كل البروتينات تحتوي على فسفور أو كبريت أو على كليهما. والباقي من وزن أجسامنا بعد استبعاد الماء هو ٣٠٪، ونصف هذه الكمية بروتين.

وللبروتين وظائف كثيرة حتى إننا لا يمكننا أن نعيش بدونه. وهو مادة أساسية لحركة العضلات وقوة العظام. والبروتين يمكن الدم من حمل الأوكسيجين وعدسات الغين من المساعدة في الإبصار. وحتى لون

الشعر والجلد والأعين فإن ما يعمل على حفظهما هو مادة ملونة مكونة من جزيئات بروتينية.

والإنزيمات التي تحول غذاءنا إلى مواد بسيطة تحترق كوقود مكونة من البروتينات. وللإنزيمات مقدرة وخاصة على الإسراع في التغيرات الكيموية ف المواد الأخرى دون أن تتأثر هي بذلك.

وتقوم البروتينات بحوالي ألف وظيفة في الجسم. كما يوجد ما يقل عن ألف نوع من أنواع البروتينات المختلفة التي تقوم بهذه الوظائف. وكل منها له ترتيب خاص في الأحماض الأمينية بالجزيء.

ويعتبر كل نوع من البروتينات نتاج جيناتنا، كما هو الشأن في شكل أيدينا أو عدد أصابعنا. وأصبح العلماء لا يفرقون بين دراسة الوراثة ودراسة البروتينات، إذ لم تعد علوماً منفصلة. وأمكنهم الوصول إلى أن مادة د ن أ توجه بناء البروتينات، تماماً كا توجه تضاعف عدد الكروموسومات عند انقسام الخلية إلى اثنتين.

وذلك لأن ادة د ن أ يمكنها تكوين نوعين من الجزئيات؛ الأول هو الذي تناولنا شرحه الآن، وهو صورة طبق الأصل من نفسه. أما الآخر فهو جزيء هام يعتبر كعامل لمادة د ن أ في صنع البروتينات. ولكونه يصنع في النواة فإنه هو أيضاً حمض نيوكلييك ويعرف برمز ر ن أ R N A اختصار حمض الريبو نيوكلييك (Ribonucleic Acid) وقد وجد في النبات أولاً ثم في كل الكائنات الحية.

ويشبه ر ن أ إلى حد كبير د ن أ، ولكنه حاجزاً «درابزين» واحداً نت السكر والفوسفات بدلاً من اثنين. وثلاث من قواعده أ، ج، س (A, G, C) هي نفس قواعد د ن أ غير أن هناك مادة كيموية تعرف بحرف ي (U) تحل محل ت (T). وهي مركب أزوتي كالقواعد الأخرى.

وهناك أدلة على أن د ن أ في النواة يصنع نوعين من ر ن أ، ويعطي كلاً منهما توجيهات خاصة. ويترك أحد هذين النوعين من ر ن أ النواة ويحمل توجيهاته إلى مادة بنائية في الخلية تسمى ريبوسوم حيث تكون المواد الخام في الانتظار.

وتكون قاعدة ر ن أ مرتبة على شكل من الأشكال التي تبلغ ألفا، كل منها رمز لنوع من ألف نوع من البروتين الذي يستعمله الجسم في القيام بوظيفته. وهذا النوع من ر ن أ يعرف باسم ر ن أ المبلغ (Templater RNA).

أما المواد الخام المنتظرة في الريبوسوم فهي الأحماض الأمينية– الأجزاء المهضومة من بروتين الطعام– وتكون قد انتقلت من أجزاء الخلية الأخرى بواسطة النوع الثاني من ر ن أ، ولذلك سمى بال ر ن أ الناقل (Transfer RNA) وقادة ر ن أ الناقل تتشكل في عشرين صورة مختلفة لتنقل عشرين نوعاً من الأحماض الأمينية.

والمعتقد أن كل جزيء من ر ن أ الناقل يلتقط نوعه الخاص من الأحماض. الأمينية بأحد أطرافه. وعندما يأخذ حمله إلى الريبوسوم فإنه

يلصق الحمض الأمين إلى مكانه المناسب على جزيء ر ن أ المبلغ.

وعندما تستقر الأحماض في أماكنها تتجمع وتكون سلسلة، وتقفل المادة الكيموية المعروفة بالبيتيدات الوصلات. وحينئذ تطرد السلسلة مادة الريبوسوم وتصبح بروتيناً متكاملاً مستعداً لمساعدة الجسم في القيام بإحدى الوظائف الألف التي تقوم بها البروتينات.

ولكن كيف يعرف ر ن أ الناقل أين يضع الأحماض الأمينية على الجزيء الطويل لـ ر ن أ المبلغ؟ الجواب على الأرجح عند قواعد فرعي ر ن أ. ويعتقد العلماء أن ثلاث قواعد مجتمعة تعتبر رمزاً لكل نوع من الأحماض الأمينية؛ فمثلا (UUA) هي رمز حمضي أمينى موجود ببروتين اللبن؛ وعندما يكون الجزيء من ر ن أ الناقل قاعدة (UUA) متسلسلة فإنه يلتقط هذا الحمض الأمينى إلى الريبوسوم ويلتصق جزيء ر ن أ المبلغ الذي يحمل أيضاً قاعدة (UUA).

إن فك طلاسم الأحماض الأمينية العشرين يعتبر من أجل الأعمال وأكثرها إثارة في العلم الحديث، إذ يبدو أن كل الكائنات الحية تستعمل نفس الجزيئات الكيموية في نقل العوامل الوراثية وبناء البروتينات.

على أن الصلة بين أحماض النيوكلييك والبروتينات ليست معروفة تماماً. وما زال العلماء في حاجة إلى الاستزادة من العلم حول دور الأحماض الأمينية في البروتينات قبل أن يتمكنوا من القول بأنه توصلوا إلى الحل.

وقد قام كيموي إنجليزي يدعي فردريك سانجر عام ١٩٥٤ بخطوة هامة في هذا الشأن، وكان أول عالم يضع رسماً أيضاحياً لسلسلة أحد البروتينات. وهذا البروتين هو هورمون الإنسولين الذي يفرزه البنكرياس وهي غدة قريبة من الكبد (الهرمون مادة كيموية تفرز في مكان ما بالجسم وتؤدي وظيفتها في كان آخر). ووظيفة الإنسولين هي مساعدة الجسم في الاستفادة من المواد السكرية. ولذا فإن الأشخاص الذين تفتقر أجسامهم إلى هذا الهورمون يصابون بداء السكر.

الفهرس

الجزء الثاني

ثورة في علم الأحياء